

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra aplikované mechaniky

Návrh a výpočet zvedacího zařízení

Design and Calculation of the Lifting Mechanism

Student:

Pavel Michalík

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Podešva, Ph.D.

Ostrava 2017

# Zadání bakalářské práce

Student: **Pavel Michalík**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 3901R003 Aplikovaná mechanika  
Téma: **Návrh a výpočet zvedacího zařízení**  
**Design and Calculation of the Lifting Mechanism**  
Jazyk vypracování: čeština

## Zásady pro vypracování:

1. Úvod, popis problematiky.
2. Návrh koncepčního řešení.
3. Kinematika zvedání mechanismu.
4. Statické posouzení vybraných konstrukčních uzlů.
5. Zhodnocení a závěr.

## Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Hoschl C. : Pružnost a pevnost ve strojnictví. SNTL / Alfa, Praha, 1971.
- [2] Juliš K., Tepřík O., Slavík A. : Statika. SNTL / Alfa, Praha 1987.
- [3] Brát, V., Rosenberg, J., Jác, V. : Kinematika. SNTL, Praha, 1987.
- [4] Vinogradov, O. : Fundamentals of Kinematics and Dynamics of Machines and Mechanisms. CRC Press, London, 2000.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jiří Podešva, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



doc. Ing. Radim Halama, Ph.D.  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



Místopřisežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

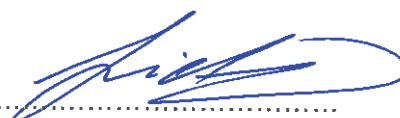
V Ostravě ..... 15.5. 2017

  
.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB - TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě ..... 15. 5. 2017

  
.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Pavel Michalík

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Viléma Balarina 1960/8  
748 01 Hlučín



## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MICHALÍK, P. *Návrh a výpočet zvedacího zařízení: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra aplikované mechaniky, 2017, 55 stran, vedoucí práce: Podešva, J.

Bakalářská práce se zabývá řešením úlohy závislosti polohy členů mechanismu na vysunutí hydraulických válců analytickou metodou. V úvodu jsou popsány základní parametry a princip mechanismu zvedacího zařízení. Kinematické řešení mechanismu je založeno na stanovení základních vztahů popisujících polohu jednotlivých uzlů ve směrech os souřadného systému v závislosti na pracovních úhlech členů mechanismu. Pro statické řešení mechanismu je použita metoda uvolňování. U vybraných prvků mechanismu je proveden pevnostní výpočet analytickou metodou. V závěru je uvedena analýza stability zvedacího zařízení. Výpočtové algoritmy jsou dokumentovány v příloze bakalářské práce.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

MICHALÍK, P. *Design and Calculation of the Lifting Mechanism: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava. Faculty of Mechanical Engineering, Department of Applied Mechanics, 2017, 50 pages, Thesis head: Podešva, J.

The bachelor thesis contains a solution to addition of mechanism members position on a hydraulic cylinders extraction by an analytical method. There are described basic parameters and a principle of a lifting device mechanism in the introduction. Kinematic solution of the mechanism is based on determination of basic relations describing the individual nodes position in an axes coordinate system according to working angles of the mechanism members. A release method is used for a static solution of the mechanism. Strength calculation is performed by the analytical method for selected elements of the mechanism. A stability analysis of the lifting device is presented in the conclusion. Computational algorithms are documented in the bachelor thesis attachment.

# Obsah

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....</b>	<b>7</b>
<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>2 POPIS, POUŽITÍ A POHON MECHANISMU .....</b>	<b>10</b>
2.1 POPIS MECHANISMU .....	10
2.2 POUŽITÍ MECHANISMU .....	11
2.3 POHON MECHANISMU .....	11
<b>3 NÁVRH KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ.....</b>	<b>12</b>
3.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY .....	12
3.2 ZÁKLADNÍ NORMY A PŘEDPISY .....	12
3.3 PRINCIP MECHANISMU ZVEDACÍHO ZAŘÍZENÍ .....	14
3.4 POPIS JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ ZVEDACÍHO ZAŘÍZENÍ.....	15
3.5 VÝPOČTOVÝ NÁVRH ZVEDACÍHO ZAŘÍZENÍ.....	17
3.6 BEZPEČNOSTNÍ POŽADAVKY A OPATŘENÍ .....	17
<b>4 KINEMATICKÉ ŘEŠENÍ MECHANISMU.....</b>	<b>18</b>
4.1 KINEMATICKÝ ROZBOR .....	18
4.2 KINEMATIKA MECHANISMU .....	18
4.3 KINEMATICKÉ VZTAHY .....	21
4.4 GRAFICKÉ ŘEŠENÍ.....	30
<b>5 STATICKÉ ŘEŠENÍ MECHANISMU.....</b>	<b>32</b>
5.1 STANOVENÍ ZATÍŽENÍ .....	33
5.2 ROZMĚRY ZVEDACÍHO ZAŘÍZENÍ .....	34
5.3 STATICKÉ ŘEŠENÍ PARALELOGRAMU H-J-M-N.....	34
<b>6 PEVNOSTNÍ VÝPOČET VYBRANÝCH DÍLŮ ANALYTICKOU METODOU .....</b>	<b>40</b>
6.1 VNITŘNÍ STATICKÉ ÚČINKY .....	42
6.2 DIMENZOVÁNÍ RAMEN A ČEPŮ .....	45
6.3 POSOUZENÍ SVAROVÉHO SPOJE OKA PRO ČEP .....	47
6.4 POPIS KRITICKÉ POLOHY ČLENŮ MECHANISMU .....	41
<b>7 ANALÝZA STABILITY ZVEDACÍHO ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>48</b>
<b>8 ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR.....</b>	<b>52</b>
<b>9 SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ.....</b>	<b>53</b>
<b>10 SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>55</b>

## Seznam použitých zkratk a symbolů

$a$	[mm]	Pomocný rozměr
DEHI	--]	Spodní paralelogram
$e$	[mm]	Délka úhlopříčky paralelogramu
$f$	[mm]	Délka úhlopříčky paralelogramu
$F_G$	[N]	Tíhová síla
$F_{GP}$	[N]	Vlastní tíha plošiny
$F_N$	[N]	Normálová síla
$F_P$	[N]	Provozní zatížení plošiny
$F_T$	[N]	Posouvající síla
$F_V$	[N]	Síla ve válci
HJMN	--]	Horní paralelogram
HV	--]	Hydraulický válec
$i$	--]	Počet stupňů volnosti
$j$	--]	Počet vazeb odebírající jeden stupeň volnosti
$k$	--]	Počet kloubových vazeb
$L_{CG}$	[mm]	Vzdálenost těžiště
LR	[mm]	Délka ramene mechanismu
$m$	[kg]	Jmenovitá nosnost pracovní plošiny
$m_e$	[kg]	Hmotnost nářadí a materiálu
$M_{KL}$	[Nm]	Klopný moment
$M_O$	[Nm]	Ohybový moment
$mp$	[kg]	Hmotnost jedné osoby

$M_{ST}$	[Nm]	Stabilizující moment
$n$	[--]	Přípustný počet osob na pracovní plošině
$n$	[--]	Počet členů soustavy včetně rámu
$p$	[--]	Počet posuvných vazeb
$p$	[MPa]	Tlakové napětí – otláčení
$R$	[N]	Reakční síla
$R_E$	[N]	Mez kluzu materiálu
$S$	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha profilu ramene
$S$	[N]	Síla v táhle
$v$	[--]	Počet valivých vazeb
$W_o$	[mm <sup>4</sup> ]	Moment setrvačnosti v ohybu ramene
$\alpha$	[rad]	Konstantní úhel
$\delta$	[rad]	Konstantní úhel
$\varphi$	[rad]	Pracovní úhel
$\varphi_{36}$	[rad]	Úhel sklonu válce
$\mu$	[--]	Míra bezpečnosti stability
$\sigma_{Do}$	[MPa]	Dovolené maximální ohybové napětí
$\sigma_{Dt}$	[MPa]	Dovolené maximální tahové napětí
$\sigma_N$	[MPa]	Celkové normálové napětí
$\sigma_o$	[MPa]	Ohybové napětí
$\sigma_t$	[MPa]	Napětí v tahu
$\tau_s$	[MPa]	Napětí ve smyku
$\tau_L$	[MPa]	Napětí v ohybu - svary
$\tau_{II}$	[MPa]	Napětí ve smyku - svary

# 1 Úvod

Zvedací plošiny patří mezi strojní zařízení, která je potřeba navrhnout na základě kinematického, statického a pevnostního výpočtu. Dále je potřeba zohlednit související normy a předpisy. V rámci návrhu se doporučuje přihlídnout k dosavadní konstrukční praxi. Pro bezpečný a spolehlivý provoz zvedacích plošin jsou předepsány podmínky na mechanickou pevnost a deformaci, na ztrátu stability tvaru a na statickou rovnováhu plošiny vzhledem k jejímu převrácení ve všech provozních a zatěžovacích stavech. Popsané technické požadavky je nutno uvést do souladu s ekonomickými potřebami výrobce a současně s požadavky koncového zákazníka.

Cílem této závěrečné bakalářské práce je navrhnout mobilní zvedací zařízení, které umožní přístup osobám k objektům umístěným ve výškách ve volném prostoru. Pohon mechanismu plošiny bude zajištěn hydraulickými motory. Mechanismus bude kotven do základové desky. Navržené zvedací zařízení bude vyžadovat nenáročnou údržbu a bude mít požadovanou životnost.

Návrh a výpočet zvedacího zařízení bude obsahovat popis a použití mechanismu, návrh koncepčního řešení, kinematiku zvedání mechanismu, statické posouzení mechanismu, pevnostní výpočet vybraných dílů.



Obr. 1: Složený kloubový mechanismus mobilní zvedací plošiny



## 2 Popis, použití a pohon mechanismu

### 2.1 Popis mechanismu

Hlavním uplatněním zvedacích zařízení je přeprava nákladu a osob mezi různými výškovými úrovněmi. Změna výškové úrovně je zajištěna složeným kloubovým mechanismem a daném počtu stupňů volnosti. Kloubové plošiny můžeme dělit na elektrické kloubové plošiny a na dieselové kloubové plošiny. Provedení plošin může být přívěsné nebo nadstavbové. Kloubové plošiny mohou být opatřeny teleskopickým výsuvným zařízením.



Obr. 2: Kloubová plošina – provedení přívěsné s teleskopem

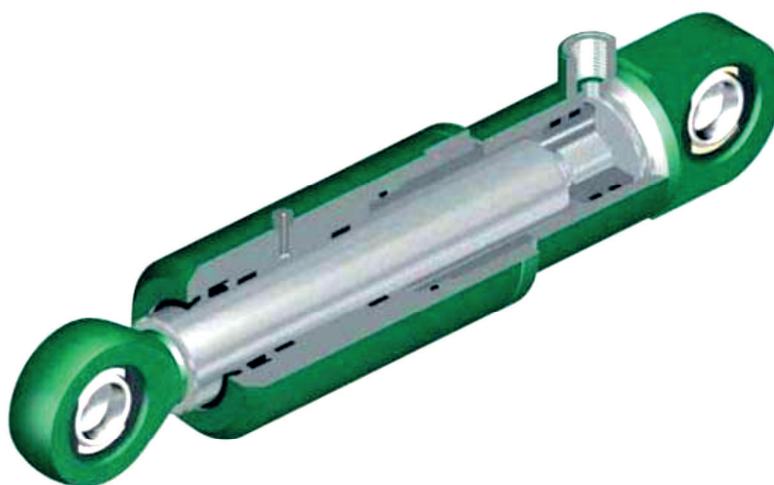
## 2.2 Použití mechanismu

Kloubové plošiny mají využití zejména v případech potřeby velkého stranového dosahu. Robustní konstrukce zaručuje dlouhou životnost plošiny. Snadný přístup k jednotlivým komponentům umožňuje jednoduchou údržbu. Výhodou přívěsných plošin jsou rozměry, nízká hmotnost a snadná přeprava. Přívěsné plošiny jsou vhodné pro údržbu veřejného osvětlení a dopravního značení a elektrického vedení. Další použití je možné při údržbě hal, průmyslových areálů nebo při provádění natěračských prací.

Pracovní plošiny tohoto typu umožňují pohyb do výšek obvykle v rozsahu 10 – 17 m. Boční dosah se pohybuje obvykle v intervalu 4 – 8 m, s minimálními požadavky na stabilizaci a minimálními přepravními rozměry. Kloubové plošiny s teleskopem umožňují tyto hodnoty navýšit. Výškový dosah až 28 m a boční dosah až 15 m. Zatížení pracovní plošiny se pohybuje v rozmezí 200 – 350 kg.

## 2.3 Pohon mechanismu

Pohon mechanismu zvedacích zařízení je obvykle zajištěn hydraulickým pohonem. Hydraulický obvod je tvořen hydraulickým agregátem, hydraulickým válcem, ovládacími prvky a bezpečnostními prvky. Jednočinný hydraulický válec spotřebovává energii při zvedání, spouštění se realizuje bez chodu elektromotoru. Dvojčinný hydraulický válec umožňuje ovládání zdvihu i spouštění elektromotorem.



Obr. 3: Jednočinný hydraulický válec

### 3 Návrh koncepčního řešení

#### 3.1 Základní parametry

V rámci návrhu koncepčního řešení mechanismu je potřeba zohlednit požadované parametry mobilní zvedací plošiny. Cílem řešení je optimalizovat návrh složeného kloubového mechanismu. Vstupní hodnoty návrhu a detaily výpočtu pro jednotlivé polohy členů mechanismu jsou uvedeny v příloze.

##### Hlavní parametry kloubových plošin:

▪ Pracovní výška	10.5 m	(3.1)
▪ Stranový dosah	4.5 m	(3.2)
▪ Jmenovitá nosnost plošiny	150 kg	(3.3)
▪ Rozměry plošiny	800 x 1000 mm	(3.4)
▪ Vnější rozměry zvedacího zařízení	7500 x 3000 mm	(3.5)
▪ Hmotnost zvedacího zařízení	1700 kg	(3.6)

##### Vedlejší parametry kloubových plošin:

- Druh pohonu
- Přesnost ovládání
- Snadnost obsluhy
- Jednoduchost údržby
- Dostupnost náhradních dílů

#### 3.2 Základní normy a předpisy

V rámci návrhu koncepčního řešení mechanismu je potřeba zohlednit související technické normy a předpisy. Cílem řešení je optimalizovat návrh složeného kloubového mechanismu. Norma ČSN EN 280 + A1 stanovuje bezpečnostní požadavky a opatření pro všechny druhy a velikosti pojízdných zdvihacích pracovních plošin určených k přepravě osob na pracovní místa k výkonu pracovní činnosti z pracovní plošiny.

Tato norma dále stanovuje pevnostní výpočet a kritéria stability, konstrukci, přezkoušení bezpečnosti a zkoušky před prvním uvedením do provozu, identifikuje nebezpečí vznikající při používání pojízdných zdvihacích pracovních plošin. Tato norma neřeší např. zdvižná čela, zdvihací stoly, trvale zabudovaná zdvihací zařízení – uvedená



zařízení řeší speciální normy. Z uvedeného popisu plyne, že norma je vhodná pro řešení návrhu a výpočtu zvedacího zařízení dle zadání.

Základní technické normy pro oblast pracovních plošin:

- **ČSN EN 280 + A1 [ 27 5004]**

Pojízdné zdvihací pracovní plošiny - konstrukční výpočty, kritéria stability, konstrukce, bezpečnost, přezkoušení a zkoušky.

- **ČSN ISO 18893 [27 5006]**

Pojízdné zdvihací pracovní plošiny - bezpečnostní zásady, prohlídky, údržba a provoz.

Dle článku 1.4 normy ČSN EN 280 + A1 je zvedací zařízení zaříděno do Skupiny B: Všechny ostatní pojezdové zdvihací pracovní plošiny (svislý průmět těžiště plochy plošiny u všech konfigurací plošiny, při maximálním sklonu podvozku specifikovaným výrobcem, není uvnitř klopných hran).

Zvedací zařízení je dále dle této normy zaříděno do Typu 1: Pojezd je povolen jen tehdy, pokud se pojezdová zdvihací pracovní plošina nachází ve své přepravní poloze.

Další související technické normy pro oblast pracovních plošin:

- **ČSN ISO 18878 [27 5005]**

Pojízdné zdvihací pracovní plošiny - Školení obsluhy.

- **ČSN ISO 20381 [27 5007]**

Pojízdné zdvihací pracovní plošiny - značky pro ovladače a jiná zobrazovací zařízení.

- **ČSN ISO 2374 [27 0011]**

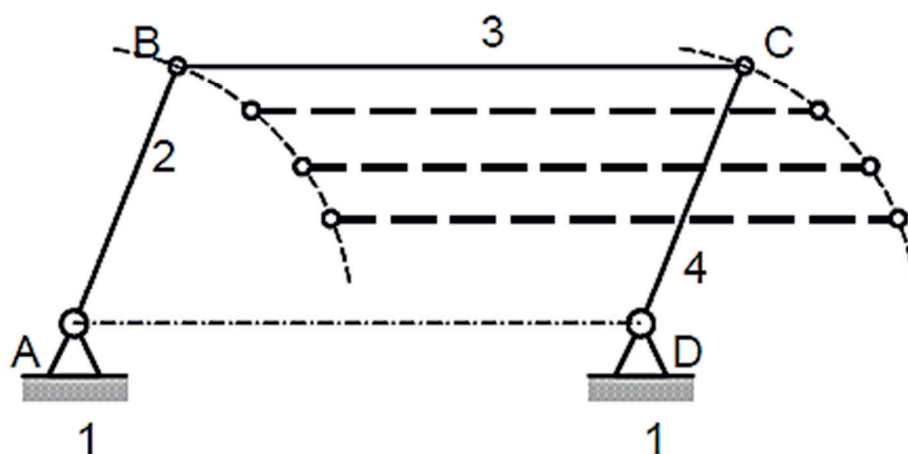
Zdvihací zařízení. Řada maximálních nosností pro základní typy.

- **ČSN ISO 7752-1 [27 0130]**

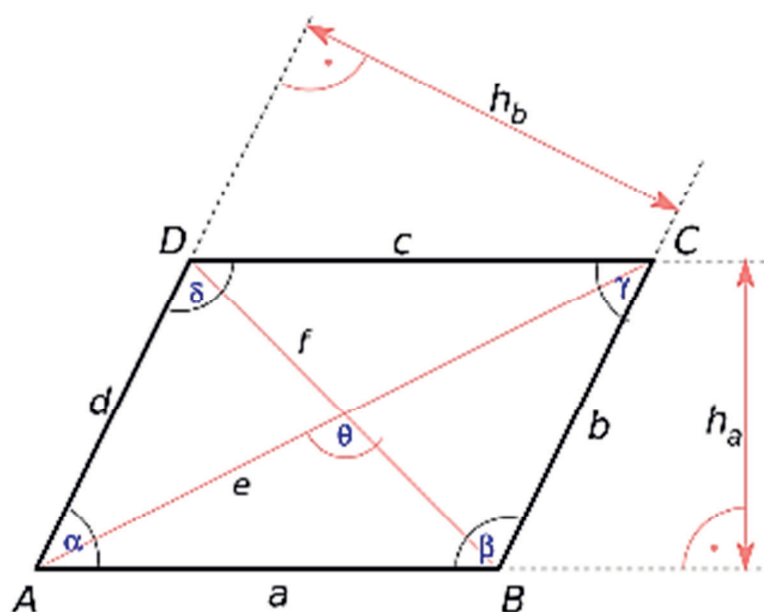
Zdvihací zařízení. Ovládání, uspořádání a charakteristiky. Část 1: Všeobecné zásady.

### 3.3 Princip mechanismu zvedacího zařízení

Princip návrhu složeného kloubového mechanismu vychází z teorie paralelogramu. Paralelogram je dvojklikový typ čtyřkloubového mechanismu, ve kterém se obě hlavní části otáčejí o plný úhel v souhlasném smyslu – to uspořádání umožňuje rovinný posuvný pohyb a současně zajišťuje protilehlé členy vzájemně rovnoběžné - nutná podmínka pro zajištění vodorovné polohy plošiny. Navržený složený kloubový mechanismus se bude skládat ze dvou spojených paralelogramů a otočného ramene.



Obr. 4a: Čtyřkloubový mechanismus - paralelogram



Obr. 4b: Paralelogram - geometrie

Základní vztahy pro geometrii paralelogramu:

$$h_a = b * \sin \alpha = b * \sin \beta \quad (3.7)$$

$$h_b = a * \sin \alpha = a * \sin \beta \quad (3.8)$$

$$e = \sqrt{a^2 + d^2 + 2 * a * d * \cos \alpha} \quad (3.9)$$

$$f = \sqrt{a^2 + d^2 - 2 * a * d * \cos \alpha} \quad (3.10)$$

$$e^2 + f^2 = 2 * (a^2 + b^2) \quad (3.11)$$

Horní paralelogram bude osazen plošinou. Plošina bude určena pro jednu osobu a bude opatřena bezpečnostním zábradlím a bezpečnostní vstupní brankou. Návrh a výpočet této plošiny není součástí řešení. Spodní paralelogram bude kotven do základové desky. Návrh a výpočet základové desky není součástí řešení. Paralelogramy budou spojeny spojovacím členem a budou ovládány hydraulickým pohonem. V návrhu řešení bude použit dvojčinný přímočarý hydromotor s ohledem na nízkou hmotnost plošiny.

Složený kloubový mechanismus bude mít tři stupně volnosti – otočné rameno, horní paralelogram a spodní paralelogram. Každá z těchto částí složeného mechanismu se bude pohybovat v rovině a bude mít jeden stupeň volnosti. Konstrukce mechanismu bude navržena tak, aby byl v daném čase možný pouze pohyb jedné části. Současný pohyb nebude umožněn. V případě uzamčených hydraulických válců bude počet stupňů volnosti této soustavy těles roven nule. Budeme tedy řešit statickou rovinnou úlohu. V tomto případě nejsou hydraulické válce členy mechanismu. Hydraulické válce jsou nahrazeny silovým účinkem. Základní pracovní úhel složeného kloubového mechanismu - otočného ramene, bude možno nastavit pomocí hydraulického válce a to v rozsahu 65° – 75°. Tento rozsah umožňuje eliminovat sklon terénu. Tomuto požadavku je nutno přizpůsobit konstrukční návrh spojovacího členu obou paralelogramů.

Otočný systém v horizontální rovině nebo pojezd zvedacího zařízení není součástí řešení. Zvedací plošina je navržena pro variantu přívěsnou, případně je možno použít zvedací plošinu jako nadstavbu na automobil.

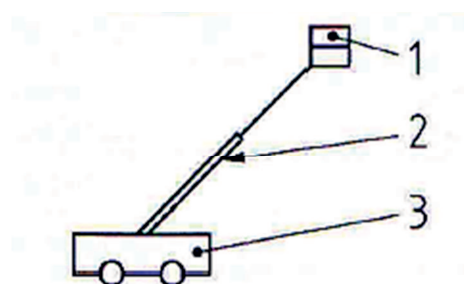
### 3.4 Popis jednotlivých částí zvedacího zařízení

Zvedací zařízení se skládá z podvozku bez vlastního pohonu – základna zvedacího zařízení bude tažena nebo tlačena; výsuvné konstrukce, která umožňuje pohyb pracovní plošiny do požadované polohy, připevněné na podvozku; ohrazené pracovní plošiny, ze

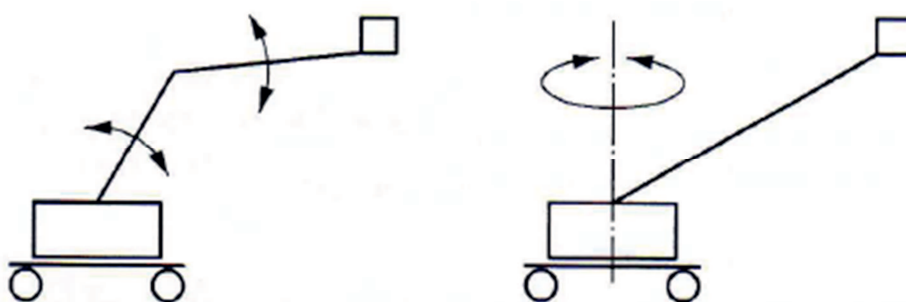
které může být prováděna oprava nebo inspekce. Opěrné prvky ke stabilizaci zvedacího zařízení nejsou součástí návrhu.

Pohon výsuvné konstrukce je zajištěn hydraulickými válci. V hydraulických systémech je nutno instalovat zařízení k omezení tlaku – pojistné ventily. Potrubí a spojovací díly musí snést nejméně dvojnásobek maximálního provozního tlaku bez trvalé deformace. Návrh nosných válců musí být proveden na základě analýzy tlaků, zatížení a sil, které se vyskytují v podmínkách běžného provozu a při poruše. Návrh hydraulického systému není součástí této závěrečné práce.

Zvedací zařízení musí být přepravováno v přepravní konfiguraci. Přístup na pracovní plošinu nebo výstup z pracovní plošiny je umožněn pouze v nástupní poloze. Mobilní zvedací zařízení umožňuje tyto provozní operace: spouštění, zvedání, otáčení. Otočný mechanismus není součástí řešení této závěrečné práce. Zvedací zařízení je uzpůsobeno pro provoz na koleji.



Obr. 5: Schéma zvedacího zařízení



Obr. 6: Provozní operace – spouštění, zvedání, otáčení

#### Legenda:

- Pracovní plošina (1)
- Výsuvná konstrukce (2)
- Podvozek (3)

### 3.5 Výpočtový návrh zvedacího zařízení

Obsah výpočtové zprávy pro zvedací zařízení je dán příslušnými normami a předpisy. Základní části výpočtového návrhu jsou:

- Kinematické řešení mechanismu,
- Statické řešení mechanismu,
- Pevnostní analýza zvedacího zařízení,
- Deformační analýza zvedacího zařízení – není součástí této práce,
- Stabilitní analýza zvedacího zařízení.

Pro výpočet jsou k dispozici výpočtové aplikace, software, který umožňuje posouzení a optimalizaci návrhu jednotlivých částí a mechanismů strojního zařízení. V této bakalářské práci je použit tabulkový procesor Excel. Vstupní hodnoty návrhu a detaily výpočtu pro jednotlivé polohy členů mechanismu jsou uvedeny v příloze.

### 3.6 Bezpečnostní požadavky a opatření

Dle normy ČSN EN 280 + A1 je potřeba v rámci návrhu a výpočtu zvedacího zařízení zohlednit, vyhodnotit a dodržet zejména tyto bezpečnostní požadavky: Nebezpečí způsobená zdvihacími operacemi – ztráta stability, vykolejení strojního zařízení, ztráta mechanické pevnosti stroje a zdvihacího příslušenství, nečekané pohyby; Nebezpečí vznikající při zatěžování, přetěžování; Nebezpečí vznikající při zvedání osob; Nebezpečí pádu – převrácení pracovní plošiny.

Mobilní zvedací zařízení je navrženo pro instalaci na kolejích se zabrzděnými kolejovými koly a bez pojíždění po trati. Mobilní zvedací zařízení splňuje požadavky statické stability dle ČSN EN 280 + A1. Stability proti překlopení je dosaženo bez nutnosti upnutí stroje ke koleji. Mobilní zvedací zařízení je určeno pro použití na kolejích evropské železniční sítě.

Mobilní zvedací zařízení je nutno navrhnout s kontrolním zařízením, které omezí riziko překlopení a riziko dovoleného namáhání – systémem snímání zatížení a kontroly polohy. Ověření bezpečnostních požadavků, opatření a informace pro užití mobilního zvedacího zařízení musí být v souladu s čl. 6 a 7, normy ČSN EN 280 + A1. Detaily této problematiky nejsou součástí závěrečné práce.

## 4 Kinematické řešení mechanismu

### 4.1 Kinematický rozbor

V rámci návrhu bude řešena úloha polohy. Závislost polohy jednotlivých uzlů mechanismu na vysunutí jednotlivých hydraulických válců. Řešíme soustavu těles – mechanismus. Jednotlivá tělesa jsou v mechanismu navzájem spojena vazbami, které dle typu vazby odebírají stupně volnosti. Vstupní hodnoty návrhu a detaily výpočtu pro jednotlivé polohy členů mechanismu jsou uvedeny v příloze.

Základní vzorec pro určení počtu stupňů volnosti:

$$i = 3 \cdot (n - 1) - 2 \cdot (k + p + v) - j \quad (4.1)$$

i ..... počet stupňů volnosti soustavy těles

n ..... počet všech členů soustavy včetně rámu

k ..... počet kloubových vazeb

p ..... počet posuvných vazeb

v ..... počet valivých vazeb

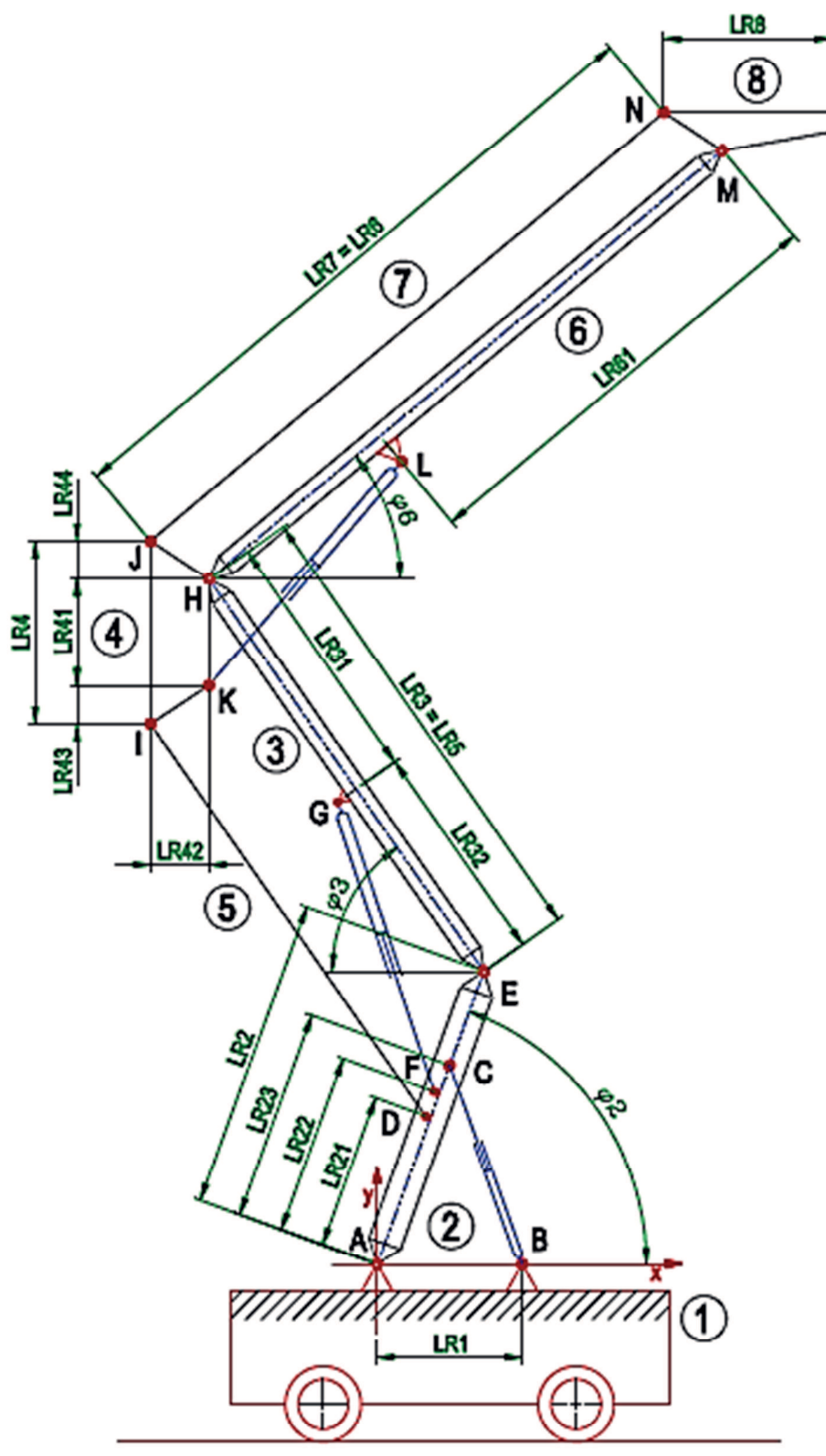
j ..... počet vazeb, které odebírají jeden stupeň volnosti

Speciální případ představuje hydraulický válec. Tento člen lze považovat za tuhé těleso nebo za pohyblivé těleso. Pohybující se píst ve válci, který mění úhel vzhledem k přiléhajícím členům mechanismu, ovlivňuje polohu těchto členů a zároveň odebírá jeden stupeň volnosti. V rámci kinematického řešení bude stanovena závislost pracovních úhlů na délkách hydraulických válců. Podrobnější popis složeného kloubového mechanismu a jeho rozdělení na jednoduché části najdete v části 3.3 Princip mechanismu zvedacího zařízení a v části 3.4 Popis jednotlivých částí zvedacího zařízení.

### 4.2 Kinematika mechanismu

Základní kinematické vztahy budou stanoveny ve dvou směrech x a y v závislosti na pracovních úhlech členů mechanismu. Jednotlivé členy mechanismu budou označeny číslicemi 1 až 8. Jednotlivé uzly budou označeny písmeny A až N. Složený kloubový mechanismus bude pro potřeby výpočtu rozdělen na dílčí mechanismy označené číslicemi I – II – III. Mechanismus I bude tvořen členy 1, 2 a hydraulickým válcem BC. Mechanismus II bude tvořen členy 2, 3, 4, 5 a hydraulickým válcem FG. Mechanismus III bude tvořen členy 4, 6, 7, 8 a hydraulickým válcem KL. Kinematické schéma je zobrazeno

na obr. 7. Vstupní hodnoty návrhu a detaily výpočtu pro jednotlivé polohy členů mechanismu jsou uvedeny v příloze.



Obr. 7: Složený kloubový mechanismus – rozměrové schéma - symboly

Rozměry složeného kloubového mechanismu:

• LR1 = 1300 mm	Vzdálenost uzlů A – B	(4.2)
• LR2 = 2800 mm	Vzdálenost uzlů A – E	(4.3)
• LR21 = 1400 mm	Vzdálenost uzlů A – D	(4.4)
• LR22 = 1631 mm	Vzdálenost uzlů A – F	(4.5)
• LR23 = 1900 mm	Vzdálenost uzlů A – C	(4.6)
• LR3 = 4300 mm	Vzdálenost uzlů E – H	(4.7)
• LR31 = 2300 mm	Vzdálenost uzlů G – H	(4.8)
• LR32 = 2000 mm	Vzdálenost uzlů E – G	(4.9)
• LR4 = 1640 mm	Vzdálenost uzlů I – J	(4.10)
• LR41 = 956 mm	Vzdálenost uzlů H – K	(4.11)
• LR42 = 525 mm	Vzdálenost uzlů I – K	(4.12)
• LR43 = 342 mm	Vzdálenost uzlů I – K	(4.13)
• LR44 = 342 mm	Vzdálenost uzlů H – J	(4.14)
• LR5 = 4300 mm	Vzdálenost uzlů D – I	(4.15)
• LR6 = 6000 mm	Vzdálenost uzlů H – M	(4.16)
• LR61 = 4000 mm	Vzdálenost uzlů L – M	(4.17)
• LR7 = 6000 mm	Vzdálenost uzlů J – N	(4.18)
• LR8 = 1500 mm	Délka pracovní plošiny	(4.19)
• $\varphi 2 = <65^\circ, 75^\circ>$	Úhel natočení členu 2	(4.20)
• $\varphi 3 = <-5^\circ, 55^\circ>$	Úhel natočení členu 3	(4.21)
• $\varphi 6 = <-15^\circ, 40^\circ>$	Úhel natočení členu 6	(4.22)

Popis členů složeného kloubového mechanismu:

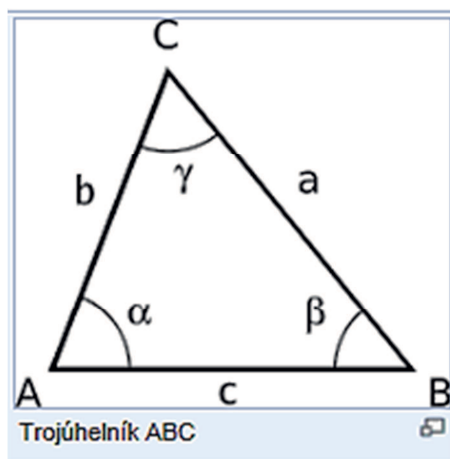
- Člen 1 Rám – podvozek (A – B)
- Člen 2 Rameno výsuvné konstrukce (A – E)
- Člen 3 Rameno výsuvné konstrukce (E – H)
- Člen 4 Spojka paralelogramů (H – I – J – K)



- Člen 5 Táhlo výsuvné konstrukce (D – I)
  - Člen 6 Rameno výsuvné konstrukce (H – M)
  - Člen 7 Táhlo výsuvné konstrukce (J – N)
  - Člen 8 Pracovní plošina (M – N)
- 
- HV-BC Hydraulický válec - 1
  - HV-FG Hydraulický válec - 2
  - HV-KL Hydraulický válec – 3
- 
- D-E-H-I Paralelogram - 1
  - H-J-M-N Paralelogram - 2

### 4.3 Kinematické vztahy

Složený kloubový mechanismus rozdělíme na tři jednoduché mechanismy a řešíme jednotlivé závislosti pracovních úhlů na délkách hydraulických válců. V rámci stanovení závislosti je využita cosinová věta. Dle této věty je možno vypočítat úhel v trojúhelníku na základě znalosti všech jeho tří stran. Vstupní hodnoty návrhu a detaily výpočtu pro jednotlivé polohy členů mechanismu jsou uvedeny v příloze.



Obr. 8: Značení stran a úhlů trojúhelníku

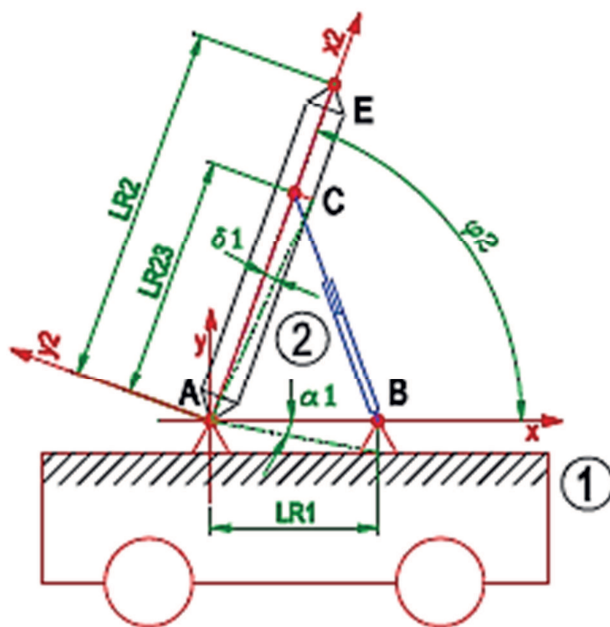
Základní vztahy pro geometrii trojúhelníku – cosinová věta:

$$BC^2 = AC^2 + AB^2 - 2 * AC * AB * \cos(\sphericalangle CAB) \quad (4.23)$$

$$AC^2 = AB^2 + BC^2 - 2 * AB * BC * \cos(\sphericalangle ABC) \quad (4.24)$$

$$AB^2 = BC^2 + AC^2 - 2 * BC * AC * \cos(\sphericalangle BCA) \quad (4.25)$$

Mechanismus I je tvořen členy 1-2 a hydraulickým válcem-1. Řešíme  $\Delta CAB$ , závislost úhlu  $\varphi_2$  na délce HV-BC (hydraulický válec-1). Tento mechanismus umožňuje natáčet rameno A-E v intervalu  $\varphi_2 = 70 \pm 5^\circ$ . Tímto je zajištěna možnost eliminovat sklon terénu. Úhel  $\varphi_1 = 0^\circ$  (Úhel mezi členem „1“ a spojnici mezi uzly A, B). Úhly  $\alpha_2$  a  $\delta_2$  umožňují konstrukční řešení s posunutými uzly. Výpočet je proveden pro  $\alpha_2 = 0$  a  $\delta_2 = 0$ .



Obr. 9: Jednoduchý kloubový mechanismus I

Vypočteme vzdálenost uzlů A-B:

$$AB = \sqrt{ABx^2 + ABy^2} = \sqrt{2850^2 + 1245^2} \quad (4.26)$$

$$AB = 3110\text{mm} \quad (4.27)$$

Vypočteme vzdálenost uzlů A-C:

$$AC = \sqrt{ACx_2^2 + ACy_2^2} = \sqrt{1170^2 + 350^2} \quad (4.28)$$

$$AC = 1221\text{mm} \quad (4.29)$$

Vypočteme úhel  $\alpha_1$ :

$$\alpha_1 = \arctan\left(\frac{AB_y}{AB_x}\right) = \arctan\left(\frac{1245}{2850}\right) \quad (4.30)$$

$$\alpha_1 = 0,4118\text{rad} = 23,59^\circ \quad (4.31)$$

Dalším postupem návrhu se ukázalo, že úhel  $\alpha_1$  bude nejvýhodněji volit  $\alpha_1 = 0$  rad a úhel  $\varphi_2$  volit v rozmezí  $\varphi_2 = 65^\circ - 75^\circ$ . Původní předpoklad s nulovým úhlem  $\varphi_2$  se ukázal jako neproveditelný pro tento typ mechanismu.

MECHANISMUS I - vstupní hodnoty první stupeň volnosti ovládaný HV - BC				
Konstanta zadaná	1300		mm	AB [x]
Konstanta zadaná	0		mm	AB [y]
Konstanta zadaná	1900		mm	AC [x2]
Konstanta zadaná	0		mm	AC [y2]
Konstanta zadaná	1400		mm	AD [x2]
Konstanta zadaná	50		mm	AD [y2]
Konstanta zadaná	2800		mm	AE [x2]
Konstanta zadaná	0		mm	AE [y2]
Konstanta zadaná	1631		mm	AF [x2]
Konstanta zadaná	50		mm	AF [y2]
Konstanta vypočtená	1300		mm	AB
Konstanta vypočtená	0	0,000	rad, deg	alfa-1
Konstanta vypočtená	1900		mm	AC
Konstanta vypočtená	0	0,000	rad, deg	delta-1

Tab. 1: Jednoduchý kloubový mechanismus I

Závislost úhlu fi-2 na délce HV - BC			
BC	CAB [rad]	fi-2 [rad]	fi-2 [deg]
1792	1,13424025	1,13424025	65,0
1815	1,15269361	1,15269361	66,0
1836	1,16961420	1,16961420	67,0
1858	1,18741779	1,18741779	68,0
1879	1,20448938	1,20448938	69,0
<b>1900</b>	<b>1,22163989</b>	<b>1,22163989</b>	<b>70,0</b>
1921	1,23887282	1,23887282	71,0
1942	1,25619174	1,25619174	72,0
1963	1,27360033	1,27360033	73,0
1984	1,29110234	1,29110234	74,0
2005	1,30870166	1,30870166	75,0

Tab. 2: Jednoduchý kloubový mechanismus I

Vypočteme úhel  $\delta_1$ :

$$\delta_1 = \arctan\left(\frac{ACy_2}{ACx_2}\right) = \arctan\left(\frac{350}{1170}\right) \quad (4.32)$$

$$\delta_1 = 0,2991\text{rad} = 17,13^\circ \quad (4.33)$$

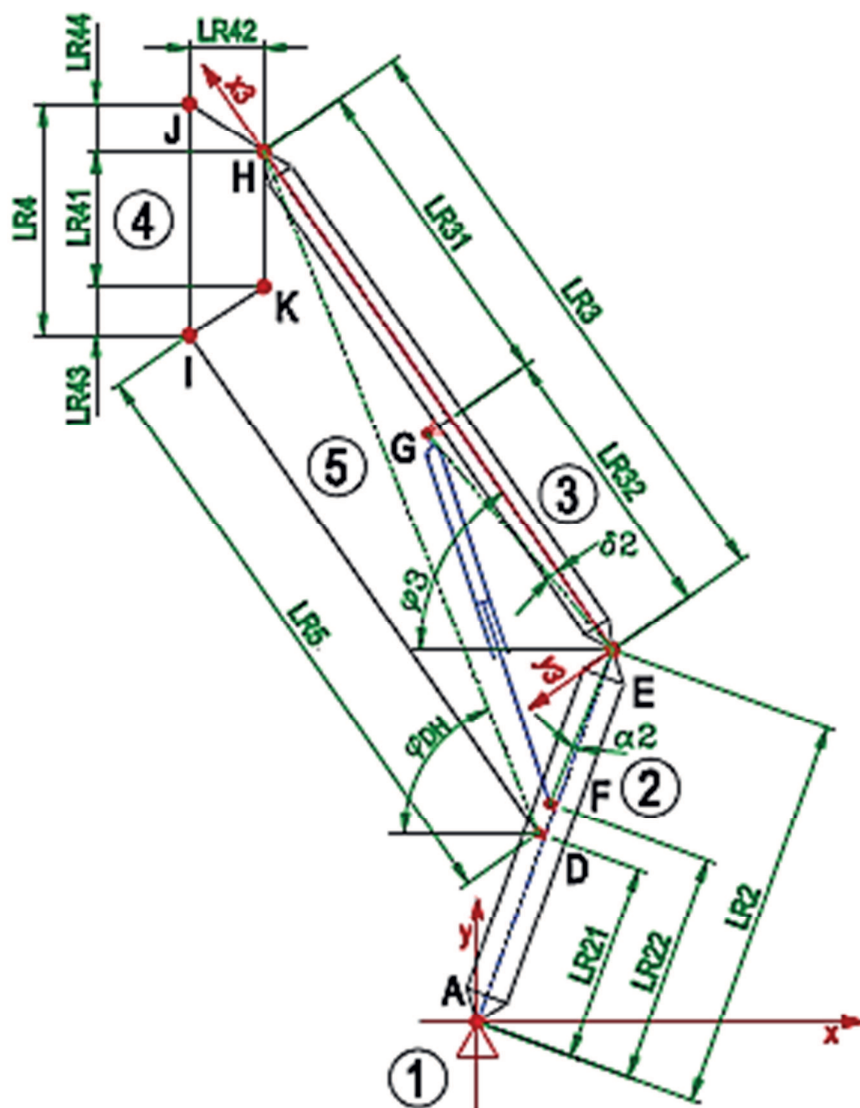
Řešíme  $\Delta CAB$ :

$$(\sphericalangle CAB) = \arccos\left(\frac{AB^2 + AC^2 - BC^2}{2 * AB * AC}\right) \quad (4.34)$$

Závislost úhlu  $\varphi_2$  na délce HV-BC:

$$\varphi_2 = (\sphericalangle CAB) + \delta_1 - \alpha_1 \quad (4.35)$$

Mechanismus II je tvořen členy 2-3-4-5 a hydraulickým válcem-2. Řešíme  $\Delta FEG$ , závislost úhlu  $\varphi_3$  na délce HV-FG (hydraulický válec-2). Tento mechanismus tvoří paralelogram D-E-H-I. Úhel  $\varphi_3$  se pohybuje za provozu v intervalu  $-5^\circ - 55^\circ$ . Pro uhel  $\varphi_4$  platí:  $\varphi_4 = \text{konstanta}$ , jejíž velikost je závislá na úhlu  $\varphi_2$ . Úhel  $\varphi_5 = \varphi_3$ .



Obr. 10: Jednoduchý kloubový mechanismus II

Vypočteme vzdálenost uzlů E-G:

$$EG = \sqrt{EGx_3^2 + EGY_3^2} = \sqrt{2000^2 + 200^2} \quad (4.36)$$

$$EG = 2010\text{mm} \quad (4.37)$$

Vypočteme vzdálenost uzlů E-F:

$$EF = \sqrt{EFx_2^2 + Efy_2^2} = \sqrt{1170^2 + 50^2} \quad (4.38)$$

$$EF = 1171\text{mm} \quad (4.39)$$

Vypočteme úhel  $\alpha_2$ :

$$\alpha_2 = \arctan\left(\frac{EFy_2}{EFx_2}\right) = \arctan\left(\frac{50}{1170}\right) \quad (4.40)$$

$$\alpha_2 = 0,0427\text{rad} = 2,44^\circ \quad (4.41)$$

Vypočteme úhel  $\delta_2$ :

$$\delta_2 = \arctan\left(\frac{EGy_3}{EGx_3}\right) = \arctan\left(\frac{200}{2000}\right) \quad (4.42)$$

$$\delta_2 = 0,1000\text{rad} = 11,45^\circ \quad (4.43)$$

Řešíme  $\Delta FEG$

$$(\sphericalangle FEG) = \arccos\left(\frac{EF^2 + EG^2 - FG^2}{2 * EF * EG}\right) \quad (4.44)$$

Závislost úhlu  $\varphi_3$  na délce HV-FG:

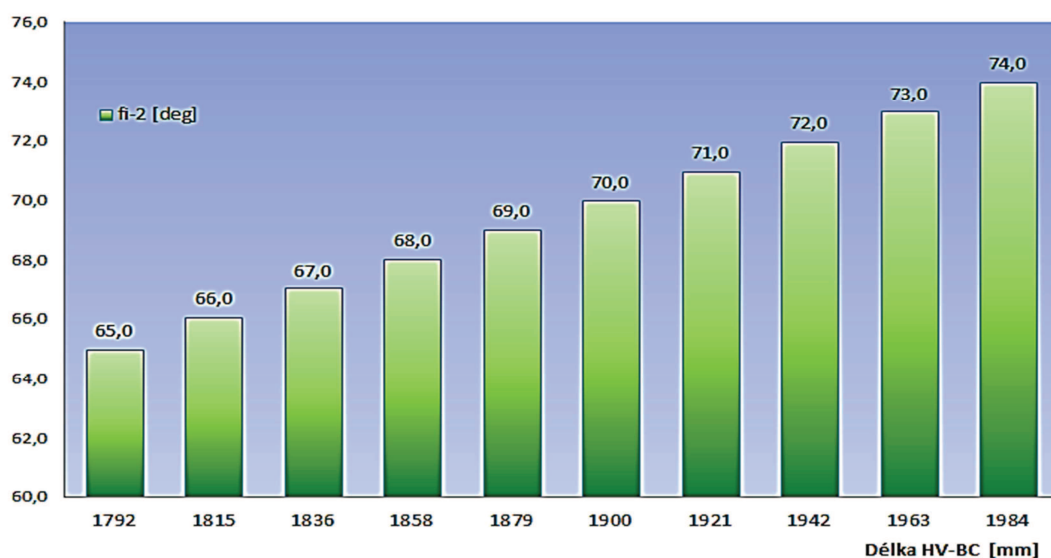
$$\varphi_3 = \sphericalangle FEG + \alpha_2 + \delta_2 - \varphi_2 \quad (4.45)$$

MECHANISMUS II - vstupní hodnoty				
první stupeň volnosti ovládaný HV - FG				
Konstanta zadaná	1169		mm	EF [x2]
Konstanta zadaná	50		mm	EF [y2]
Konstanta zadaná	2000		mm	EG [x3]
Konstanta zadaná	200		mm	EG [y3]
Konstanta zadaná	4300		mm	EH [x3]
Konstanta zadaná	0		mm	EH [y3]
Konstanta vypočtená	1170		mm	EF
Konstanta vypočtená	0,042746	2,449139	rad, deg	alfa-2
Konstanta vypočtená	2010		mm	EG
Konstanta vypočtená	0,099669	5,710593	rad, deg	delta-2

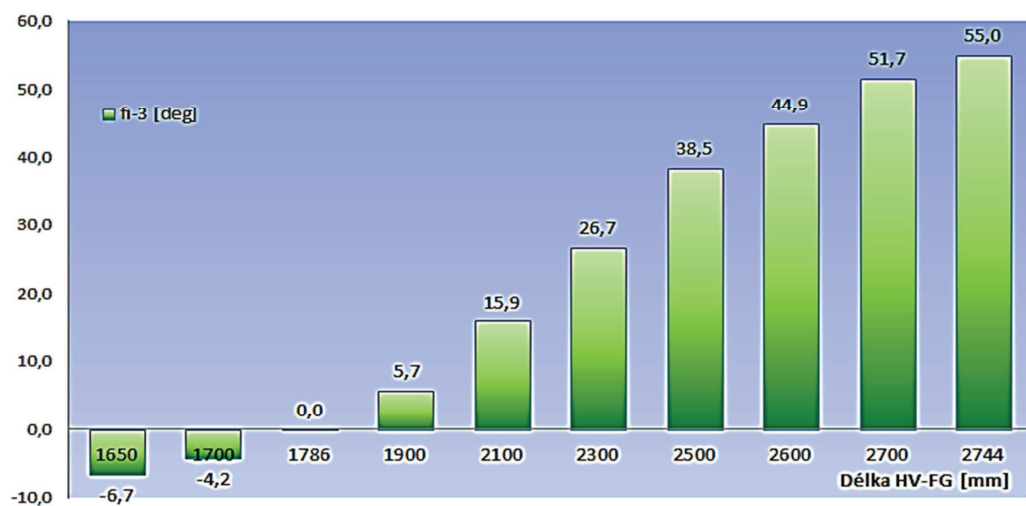
Tab. 3: Jednoduchý kloubový mechanismus II

Závislost úhlu $\text{fi-3}$ na délce HV - FG			
FG	FEG [rad]	$\text{fi-3}$ [rad]	$\text{fi-3}$ [deg]
1650	0,96286701	-0,11635868	-6,7
1700	1,00562783	-0,07359786	-4,2
<b>1786</b>	<b>1,07944157</b>	<b>0,00021587</b>	<b>0,0</b>
1900	1,17831259	0,09908689	5,7
2100	1,35676327	0,27753758	15,9
2300	1,54548098	0,46625529	26,7
2500	1,75054830	0,67132261	38,5
2600	1,86211200	0,78288631	44,9
2700	1,98219526	0,90296956	51,7
2744	2,03847766	0,95925197	55,0

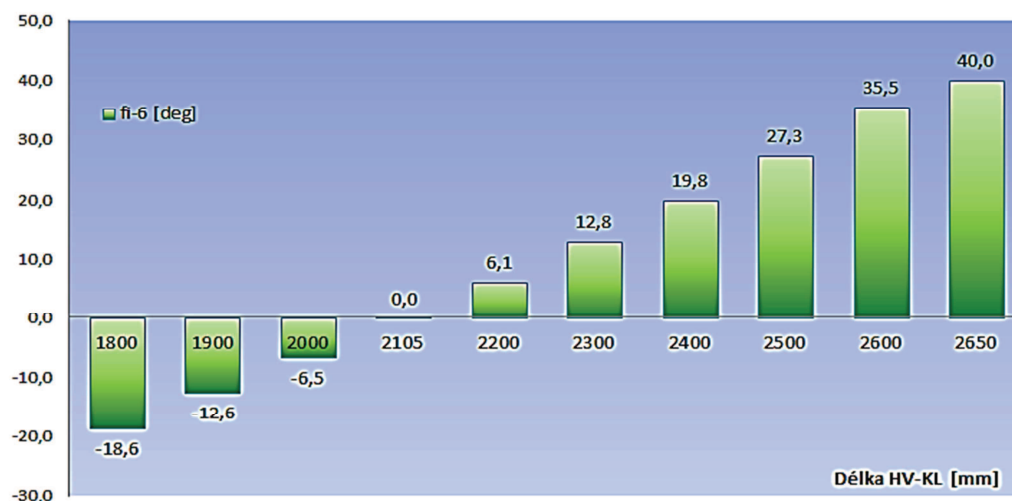
Tab. 4: Jednoduchý kloubový mechanismus II



Graf 1: Závislost úhlu  $\text{fi-2}$  na délce HV-BC

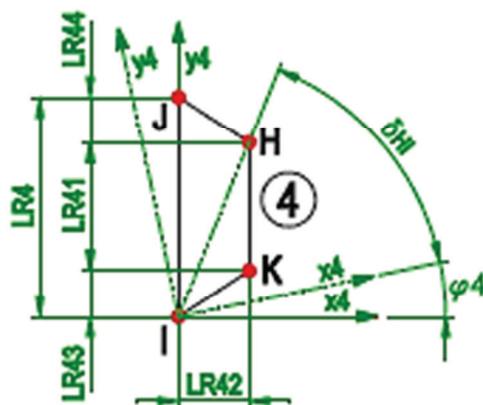


Graf 2: Závislost úhlu  $\text{fi-3}$  na délce HV-FG



Graf 3: Závislost úhlu fi 6 na délce HV-KL

Spojka paralelogramů, člen 4, spojuje paralelogram D-E-H-I a paralelogram H-J-M-N. Řešíme  $\triangle DHI$  a úhel  $\varphi_4$ . Úhel  $\varphi_4 = \text{konstanta}$ . Pro úhel  $\varphi_2 = 70^\circ$  je úhel  $\varphi_4 = 0^\circ$ . Vzdálenost  $DI = EH$  a vzdálenost  $HI = ED$ . V případě změny úhlu  $\varphi_2$  dojde i ke změně úhlu  $\varphi_4$ . Změna úhlu  $\varphi_4$  je rovna změně úhlu  $\varphi_2$ .



Obr. 11: Spojka paralelogramů - člen 4

Předpis pro souřadnice bodu D:

$$x_D = x_{D2} * \cos\varphi_2 - y_{D2} * \sin\varphi_2 \quad (4.46)$$

$$x_D = 1400 * \cos\varphi_2 - 50 * \sin\varphi_2 \quad (4.47)$$

$$y_D = x_{D2} * \sin\varphi_2 + y_{D2} * \cos\varphi_2 \quad (4.48)$$

$$y_D = 1400 * \sin\varphi_2 + 50 * \cos\varphi_2 \quad (4.49)$$

Předpis pro souřadnice bodu H:

$$x_H = x_E - EH * \cos\varphi_3 \quad (4.50)$$

$$y_H = y_E + EH * \sin \varphi_3 \quad (4.51)$$

Vypočteme vzdálenost uzlů H-I:

$$HI = \sqrt{HIx_4^2 + HIy_4^2} = \sqrt{526^2 + 1299^2} \quad (4.52)$$

$$HI = 1401\text{mm} \quad (4.53)$$

Předpis pro vzdálenost DH:

$$DH = \sqrt{(x_D - x_H)^2 + (y_D - y_H)^2} \quad (4.54)$$

Vypočteme úhel  $\delta_{HI}$ :

$$\delta_{HI} = \arctan\left(\frac{HIy_4}{HIx_4}\right) = \arctan\left(\frac{1299}{526}\right) \quad (4.55)$$

$$\delta_{HI} = 1,1860\text{rad} = 67,95^\circ \quad (4.56)$$

Předpis pro úhel  $\varphi_{DH}$ :

$$\varphi_{DH} = \arctan\left(\frac{y_H - y_D}{x_D - x_H}\right) \quad (4.57)$$

Řešíme  $\Delta DHI$

$$(\sphericalangle DHI) = \arccos\left(\frac{DH^2 + HI^2 - DI^2}{2 * DH * HI}\right) \quad (4.58)$$

Předpis pro úhel  $\varphi_4$ :

$$\varphi_4 = (\pi - \sphericalangle DHI - \varphi_{DH}) - \delta_{HI} \quad (4.59)$$

Mechanismus III je tvořen členy 4-6-7-8 a hydraulickým válcem-3. Řešíme  $\Delta KHL$ , závislost úhlu  $\varphi_6$  na délce HV-KL (hydraulický válec-3). Tento mechanismus tvoří paralelogram H-J-M-N. Úhel  $\varphi_6$  se pohybuje v intervalu  $-15^\circ - 40^\circ$ . Úhel  $\varphi_8 = 0^\circ$ . Úhel  $\varphi_7 = \varphi_6$ .

Vypočteme vzdálenost uzlů H-L:

$$HL = \sqrt{HLx_6^2 + HLy_6^2} = \sqrt{2000^2 + 300^2} \quad (4.60)$$

$$HL = 2022\text{mm} \quad (4.61)$$

Vypočteme úhel  $\delta_6$ :

$$\delta_6 = \arctan\left(\frac{HLy_6}{HLx_6}\right) = \arctan\left(\frac{300}{2000}\right) \quad (4.62)$$

$$\delta_6 = 0,1488\text{rad} = 8,53^\circ \quad (4.63)$$

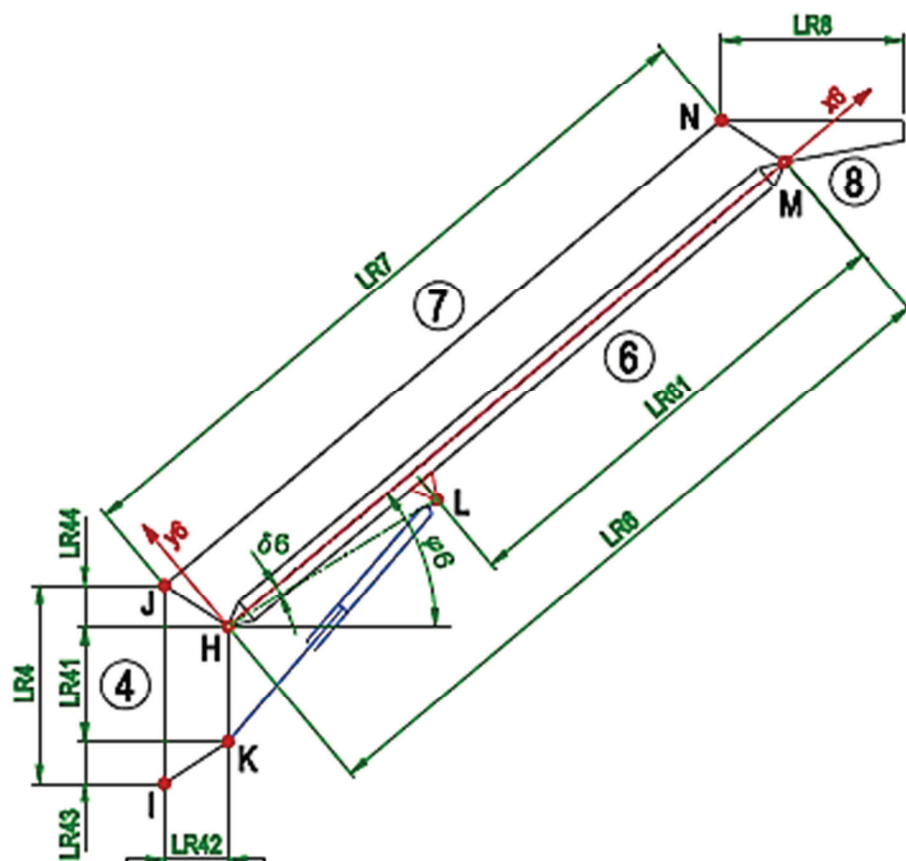


Řešíme  $\Delta KHL$

$$(\sphericalangle KHL) = \arccos\left(\frac{HK^2 + HL^2 - KL^2}{2 * HK * HL}\right) \quad (4.64)$$

Závislost úhlu  $\varphi_6$  na délce HV-KL:

$$\varphi_6 = (\sphericalangle KHL) + \delta_6 - (\pi/2) + \varphi_4 \quad (4.65)$$



Obr. 12: Jednoduchý kloubový mechanismus III

MECHANISMUS III - vstupní hodnoty				
první stupeň volnosti ovládaný HV - KL				
Konstanta zadaná	2000		mm	HL [x6]
Konstanta zadaná	300		mm	HL [y6]
Konstanta zadaná	6000		mm	HM [x6]
Konstanta zadaná	956		mm	HK [y4]
Konstanta vypočtená	2022		mm	HL
Konstanta vypočtená	0,148889	8,530766	rad, deg	delta-6

Tab. 5: Jednoduchý kloubový mechanismus III

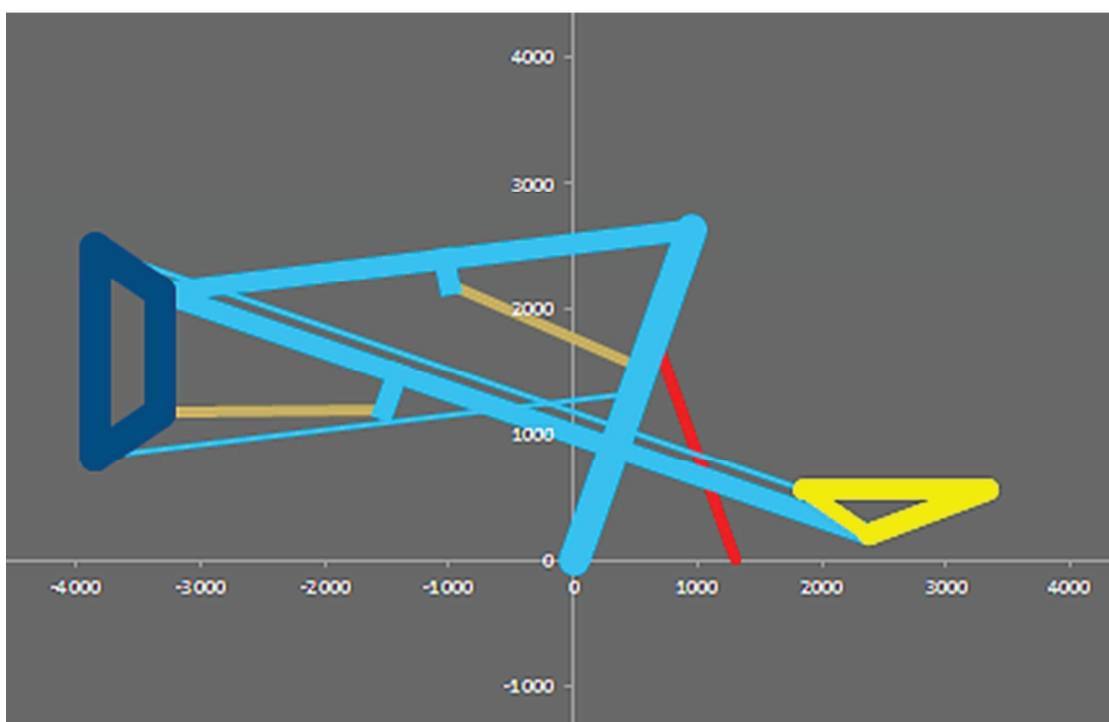
Závislost úhlu fi-6 na délce HV - KL			
KL	KHL [rad]	fi-6 [rad]	fi-6 [deg]
1800	1,09710205	-0,32480433	-18,6
1900	1,20200310	-0,21990328	-12,6
2000	1,30815628	-0,11375010	-6,5
<b>2105</b>	<b>1,42208655</b>	<b>0,00018018</b>	<b>0,0</b>
2200	1,52838762	0,10648125	6,1
2300	1,64484386	0,22293748	12,8
2400	1,76759217	0,34568579	19,8
2500	1,89889999	0,47699361	27,3
2600	2,04220424	0,62029786	35,5
2650	2,12002209	0,69811571	40,0

Tab. 6: Jednoduchý kloubový mechanismus III

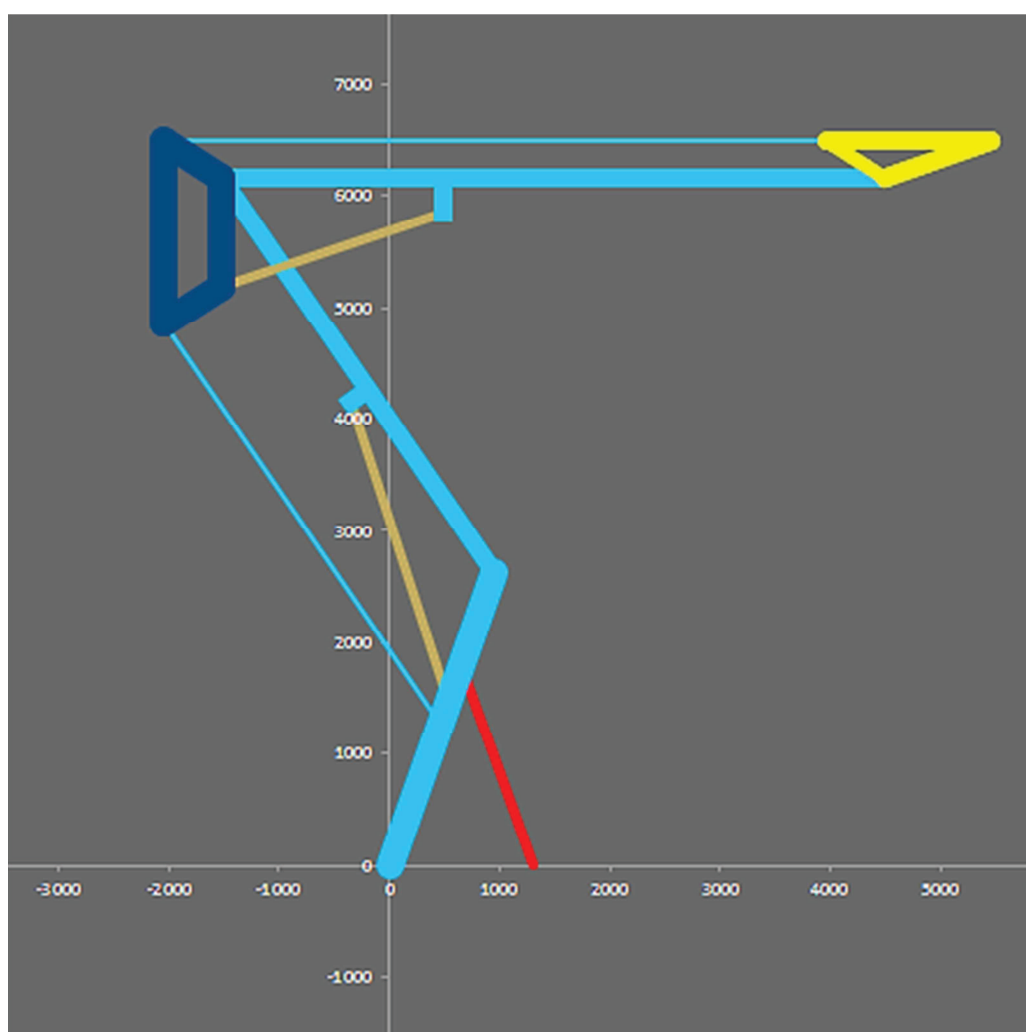
#### 4.4 Numerické řešení

V procesu návrhu složeného kloubového mechanismu bylo využito možnosti simulace pohybu v tabulkovém procesoru Excel, ve kterém byly definovány bodové grafy pro jednotlivé členy. Pro ovládání pohybu byly využity ovládací prvky Visual Basic. Tyto prvky (číselníky) umožňují plynulou změnu zadávání souřadnic bodů grafu. Animace pohybu jednotlivých členů mechanismu bude součástí prezentace. Uvedené grafy znázorňují krajní polohy mechanismu. Z jednotlivých grafů je možno orientačně odečíst výškový dosah mechanismu, který je minimálně 10 m při stranovém dosahu minimálně 4.5 m. Maximální stranový dosah dle Grafu 2 bude 5m při dosažené výšce 6.5 m. Z Grafu 1 vyplývají minimální přepravní rozměry 7.5 x 3.0 m (v rovině mechanismu).

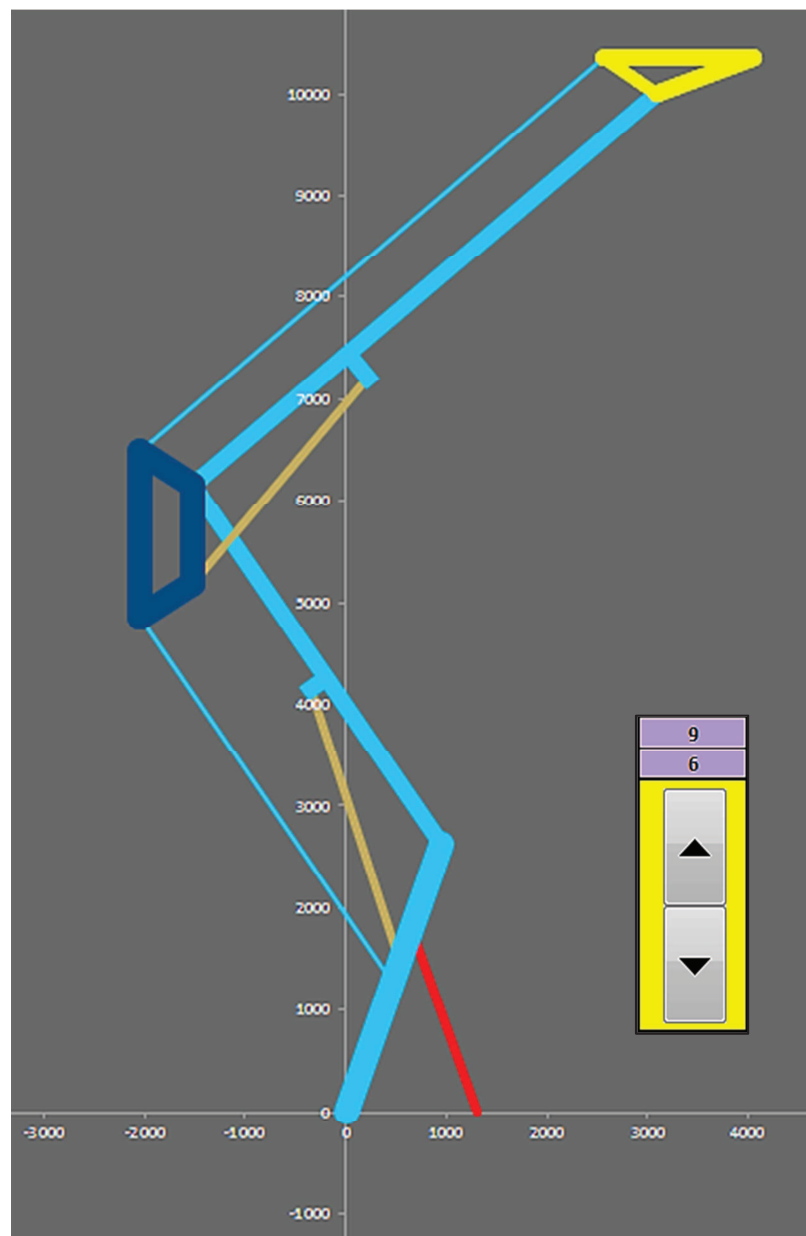
Byly navrženy základní rozměry mechanismu a souřadný systém, který má počátek ve spodním kloubu členu 2. Dále byly tabulkově zpracovány potřebné závislosti hodnot pracovních úhlů na délkách jednotlivých hydraulických válců. Velikost pracovních úhlů je ovládána hydraulickými válci. Postupnou optimalizací byla upravena geometrie mechanismu a byly stanoveny vhodné rozsahy pracovních úhlů. V průběhu návrhu byla vyzkoušena i varianta s rozsahem pracovního úhlu otočného ramene 0 – 70° (člen 2 mechanismu). Tato varianta se ukázala jako nevyužitelná pro dané uspořádání mechanismu a základní rozsah změny pracovního úhlu otočného ramene byl stanoven na  $70 \pm 5^\circ$ . V rámci návrhu řešení jsou zohledněny i maximální možné provozní vysunutí pístů hydraulických válců z pístnic. Vstupní hodnoty návrhu a detaily výpočtu pro jednotlivé polohy členů mechanismu jsou uvedeny v příloze.



Graf 4: Složený kloubový mechanismus – přepravní poloha



Graf 5: Složený kloubový mechanismus – maximální stranový dosah



Graf 6: Složený kloubový mechanismus – maximální výškový dosah

## 5 Statické řešení mechanismu

Pro řešení bude použita analytická metoda uvolňování. Řešíme rovinnou statickou úlohu soustavy těles, která má stupeň volnosti „0“ (hydraulické válce jsou uzamčeny – působení těchto válců je nahrazeno silovým účinkem). Jednotlivé členy mechanismu budou postupně uvolněny – vazby budou nahrazeny reakcemi. V jednotlivých uzlech bude zohledněn III. Newtonův zákon (Zákon akce a reakce). Výsledkem výpočtu budou reakce ve všech kloubech mechanismu, vnitřní síly ve válcích a vnitřní síly v jednotlivých členech mechanismu. Řešení tedy nezahrnuje řešení rychlostí, zrychlení jednotlivých prvků mechanismu a vliv setrvačných sil. Vstupní hodnoty návrhu a detaily výpočtu pro jednotlivé polohy členů mechanismu jsou uvedeny v příloze.

## 5.1 Stanovení zatížení

Dle normy ČSN EN 280 + A1 je nutno v pevnostním výpočtu vyhodnotit jednotlivá zatížení a síly v jejich polohách, směrech a kombinacích, které vyvolávají nejnepříznivější napětí v konstrukčních prvcích. Dále je nutno ve výpočtu stability nalézt pro různé polohy mobilního zvedacího zařízení takové kombinace zatížení a sil, které společně vytváří podmínky pro nejmenší stabilitu.

Zatížení a síly:

- Jmenovitá nosnost,
- Vlastní hmotnosti,
- Zatížení větrem,
- Síly způsobené osobami,
- Zvláštní zatížení a síly.

Jmenovitá nosnost:

$$m = n \cdot m_p + m_e = 1 \cdot 100 + 50 = 1 \cdot 100 + 50 = 150 \text{ kg} \quad (5.1)$$

m .... jmenovitá nosnost pracovní plošiny

m<sub>p</sub>.... hmotnost jedné osoby

m<sub>e</sub>.... hmotnost náradí a materiálu (≥ 40 kg)

n ..... přípustný počet osob na pracovní plošině

Předpokládá se, že hmotnost každé osoby působí jako bodové zatížení na pracovní plošině, hmotnost příslušenství působí jako spojitě zatížení na 25% plochy podlahy pracovní plošiny a zatížení se nacházejí v polohách, které vyvolávají nejnepříznivější výsledky. Uvedená jmenovitá zatížení odpovídá maximálnímu zatížení od osob a materiálu. Pasivní odpory jsou ve výpočtu zanedbány.

Vlastní hmotnosti:

Hmotnosti pevných i pohyblivých komponent mobilního zvedacího zařízení jsou uvažovány jako statické vlastní hmotnosti.

Zatížení větrem:

Pro plošiny používané na volném prostranství se uvažují tlakové účinky zatížení větrem 100 N/m<sup>2</sup>. Síly větru musí být uvažovány jako dynamické síly působící vodorovně ve středu plochy dílů mobilního zvedacího zařízení, osob a příslušenství na pracovní

plošině. Pro konkrétní plochy jsou stanoveny činitelé tvaru plochy. V této závěrečné práci nejsou účinky větru uvažovány – řešení přesahuje rámec bakalářské práce.

Síly způsobené osobami:

Nejnižší hodnota ručně vyvozené síly  $M$  je uvažována ve velikosti 200N působící ve výšce 1.1 m nad podlahou pracovní plošiny. V této závěrečné práci nejsou účinky ručně vyvozené síly uvažovány.

Zvláštní zatížení a síly:

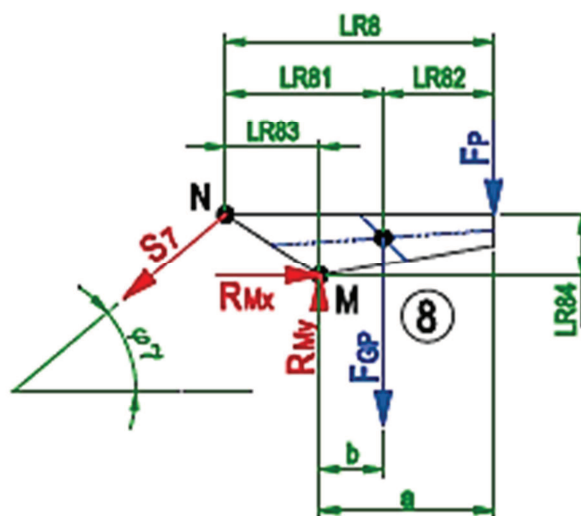
Zvláštní zatížení a síly vytvořené zvláštními pracovními metodami a podmínkami využití mobilního zvedacího zařízení nejsou uvažovány.

## 5.2 Rozměry zvedacího zařízení

Pro výpočet je potřeba navrhnout základní rozměry mechanismu. Obecné značení rozměrů a navržené hodnoty rozměrů členů mechanismu jsou zobrazeny v rozměrovém schématu na obr. 7.

## 5.3 Statické řešení paralelogramu H-J-M-N

Pro členy paralelogramu jsou sestaveny statické rovnice rovnováhy. Na jejich základě jsou stanoveny síly v jednotlivých členech a reakční síly v jednotlivých uzlech paralelogramu. V této části jsou uvedeny v tabulce maxima jednotlivých sil. Ostatní detailní výsledky jsou dokladovány v příloze.



Obr. 13: Uvolnění členu „8“ mechanismu

Rovnice rovnováhy pro člen 8 – Pracovní plošina (M-N):

$$\sum F_{Xi} = -S_7 * \cos\varphi_7 + R_{Mx} = 0 \quad (5.2)$$

$$\sum F_{Yi} = -S_7 * \sin\varphi_7 - F_P - F_{GP} + R_{My} = 0 \quad (5.3)$$

$$\sum M_M = (S_7 * \cos\varphi_7) * MN_y + (S_7 * \sin\varphi_7) * MN_x - F_P * a - F_{GP} * b = 0 \quad (5.4)$$

Výpočet síly pro člen 7 – Táhlo výsuvné konstrukce (J-N):

$$S_7 = \frac{F_P * a + F_{GP} * b}{MN_y * \cos\varphi_7 + MN_x * \sin\varphi_7} \quad (5.5)$$

Výpočet reakčních sil pro uzel M:

$$R_{Mx} = S_7 * \cos\varphi_7 \quad (5.6)$$

$$R_{My} = S_7 * \sin\varphi_7 + F_P + F_{GP} \quad (5.7)$$

Rovnice rovnováhy pro člen 6 – Rameno výsuvné konstrukce (H-M):

$$\sum F_{Xi} = -R_{Mx} + R_{Hx} + F_{VKL} * \cos\varphi_{36} = 0 \quad (5.8)$$

$$\sum F_{Yi} = -R_{My} + R_{Hy} + F_{VKL} * \sin\varphi_{36} - F_{G6} = 0 \quad (5.9)$$

$$\sum M_H = R_{Mx} * c - R_{My} * d - (F_{VKL} * \cos\varphi_{36} * e) + (F_{VKL} * \sin\varphi_{36} * f) - A = 0 \quad (5.10)$$

$$A = F_{G6} * LR_6 / 2 * \cos\varphi_6 \quad (5.11)$$

Výpočet síly pro HV-KL – hydraulický válec 3:

$$F_{VKL} = \frac{(R_{My} * d) - (R_{Mx} * c) + (F_{G6} * LR_6 / 2 * \cos\varphi_6)}{(\sin\varphi_{36} * f) - (\cos\varphi_{36} * e)} \quad (5.12)$$

Výpočet reakčních sil pro uzel H:

$$R_{Hx} = R_{Mx} - F_{VKL} * \cos\varphi_{36} \quad (5.13)$$

$$R_{Hy} = R_{My} - F_{VKL} * \sin\varphi_{36} + F_{G6} \quad (5.14)$$

Výpočet velikosti ramen v momentových rovnicích:

$$a = LR_8 - LR_{83} \quad (5.15)$$

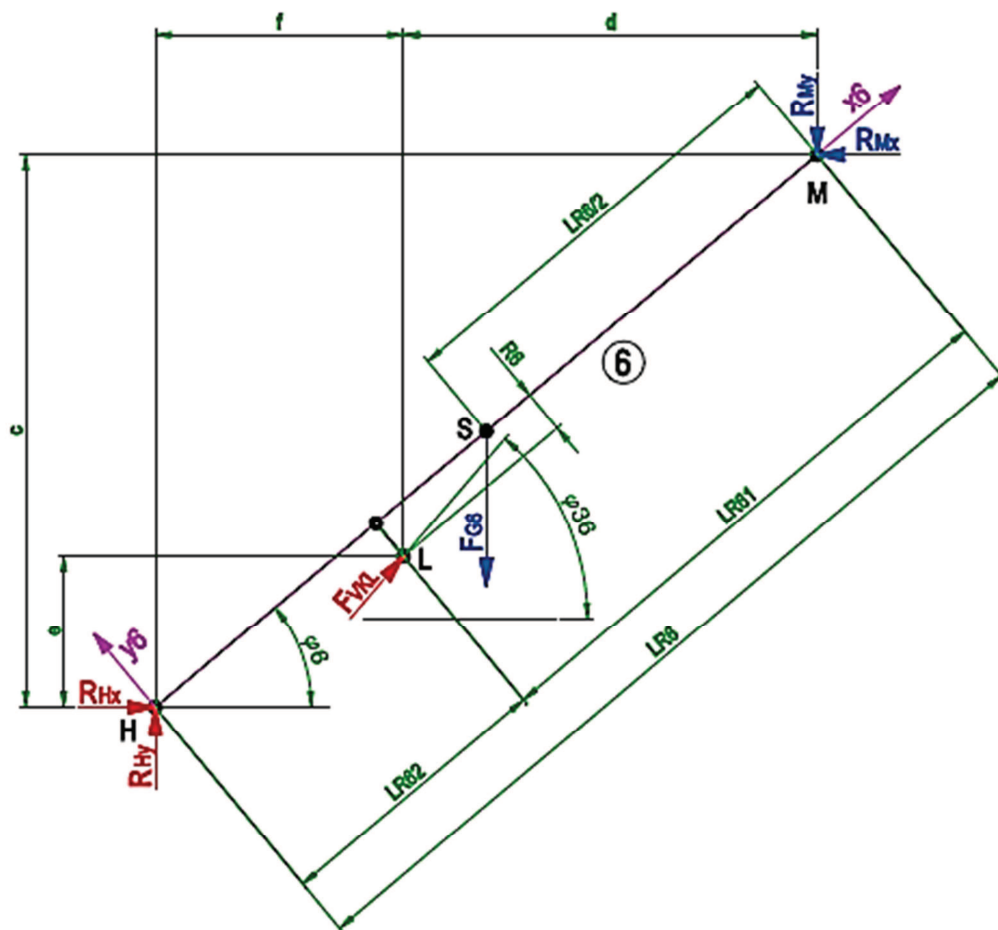
$$b = LR_{81} - LR_{83} \quad (5.16)$$

$$c = M_y - H_y \quad (5.17)$$

$$d = M_x - H_x \quad (5.18)$$

$$e = L_y - H_y \quad (5.19)$$

$$f = L_x - H_x \quad (5.20)$$



Obr. 14: Uvolnění členu „6“ mechanismu

Výpočet úhlu sklonu HV-KL:

$$\varphi_{36} = \arctan \frac{L_y - K_y}{L_x - K_x} \quad (5.21)$$

Rovnice rovnováhy – kontrola pro paralelogram H-J-M-N:

$$\sum F_{xi} = R_{Hx} - F_7 \cdot \cos \varphi_7 + F_{VKL} \cdot \cos \varphi_{36} = 0 \quad (5.22)$$

$$\sum F_{yi} = R_{Hy} - S_7 \cdot \sin \varphi_7 - F_{GP} - F_P + F_{VKL} \cdot \sin \varphi_{36} - F_{G6} = 0 \quad (5.23)$$

$$\sum M_H = A + B + C = 0 \quad (5.24)$$

$$A = S_7 \cdot \cos \varphi_7 \cdot (N_y - H_y) - S_7 \cdot \sin \varphi_7 \cdot (N_x - H_x) \quad (5.25)$$

$$B = -F_{GP} \cdot (M_x - H_x + b) - F_P \cdot (M_x - H_x + a) - (F_{G6} \cdot LR_6/2 \cdot \cos \varphi_6) \quad (5.26)$$

$$C = +F_{VKL} \cdot \sin \varphi_{36} \cdot (L_x - H_x) - F_{VKL} \cdot \cos \varphi_{36} \cdot (L_y - H_y) \quad (5.27)$$






$$\sum F_{xi} = R_{HHx} + S_5 * \cos \varphi_5 + S_7 * \cos \varphi_7 - R_{Hx} - F_{VKL} * \cos \varphi_{36} = 0 \quad (5.28)$$

$$\sum F_{yi} = R_{HHy} - S_5 * \sin \varphi_5 + S_7 * \sin \varphi_7 - R_{Hy} - F_{VKL} * \sin \varphi_{36} - F_{G4} = 0 \quad (5.29)$$

$$\sum M_H = A + B = 0 \quad (5.30)$$

$$A = (-F_{VKL} * \cos\varphi_{36} * LR_{41}) + (S_5 * \sin\varphi_5 * LR_{42}) + [S_5 * \cos\varphi_5 * (LR_{42} + LR_{43})] \quad (5.31)$$

$$B = -(S_7 * \sin\phi_7 * LR_{42}) - S_7 * \cos\phi_7 * LR_{44} + F_{G4} * LR_{42}/2 \quad (5.32)$$

$$\sum F_{xi} = -R_{HHx} + R_{Ex} - F_{VFG} * \cos\varphi_{23} = 0 \quad (5.33)$$

$$\sum F_{yi} = -R_{HHY} + R_{EY} + F_{VFG} * \sin\phi_{23} - F_{G3} = 0 \quad (5.34)$$

$$\Sigma M_H = A + B = 0 \quad (5.35)$$

$$A = R_{HHx} * LR_3 * \sin \varphi_3 + R_{HHy} * LR_3 * \cos \varphi_3 + LR_3/2 * \cos \varphi_3 * F_{G3} \quad (5.36)$$

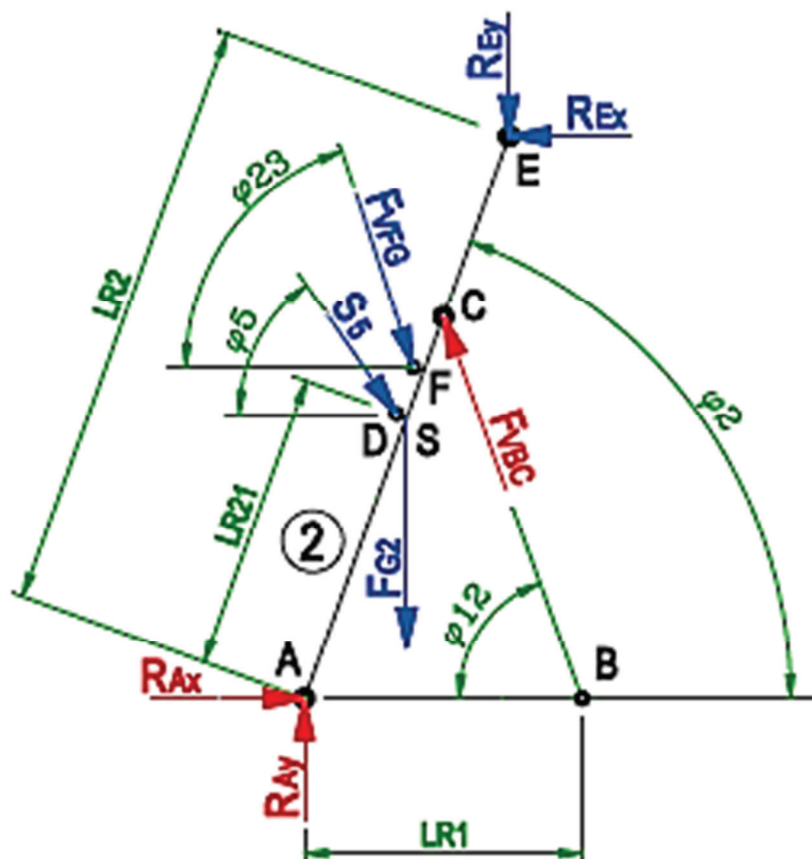
$$B = [F_{VFG} * \cos\phi_{23} * (G_y - E_y)] - [F_{VFG} * \sin\phi_{23} * (E_x - G_x)] \quad (5.37)$$

Výpočet úhlu sklonu HV-FG:

$$\varphi_{23} = \arctan \frac{G_y - F_y}{G_x - F_x} \quad (5.38)$$

Výpočet úhlu sklonu HV-BC:

$$\varphi_{12} = \arctan \frac{C_y - B_y}{B_x - C_x} \quad (5.39)$$



Obr. 18: Uvolnění členu „2“ mechanismu

Rovnice rovnováhy pro člen 2 – Rameno výsuvné konstrukce (A-E):

$$\sum F_{xi} = -R_{Ex} + R_{Ax} - F_{VBC} * \cos \varphi_{12} + F_{VFG} * \cos \varphi_{23} + S_5 * \cos \varphi_5 = 0 \quad (5.40)$$

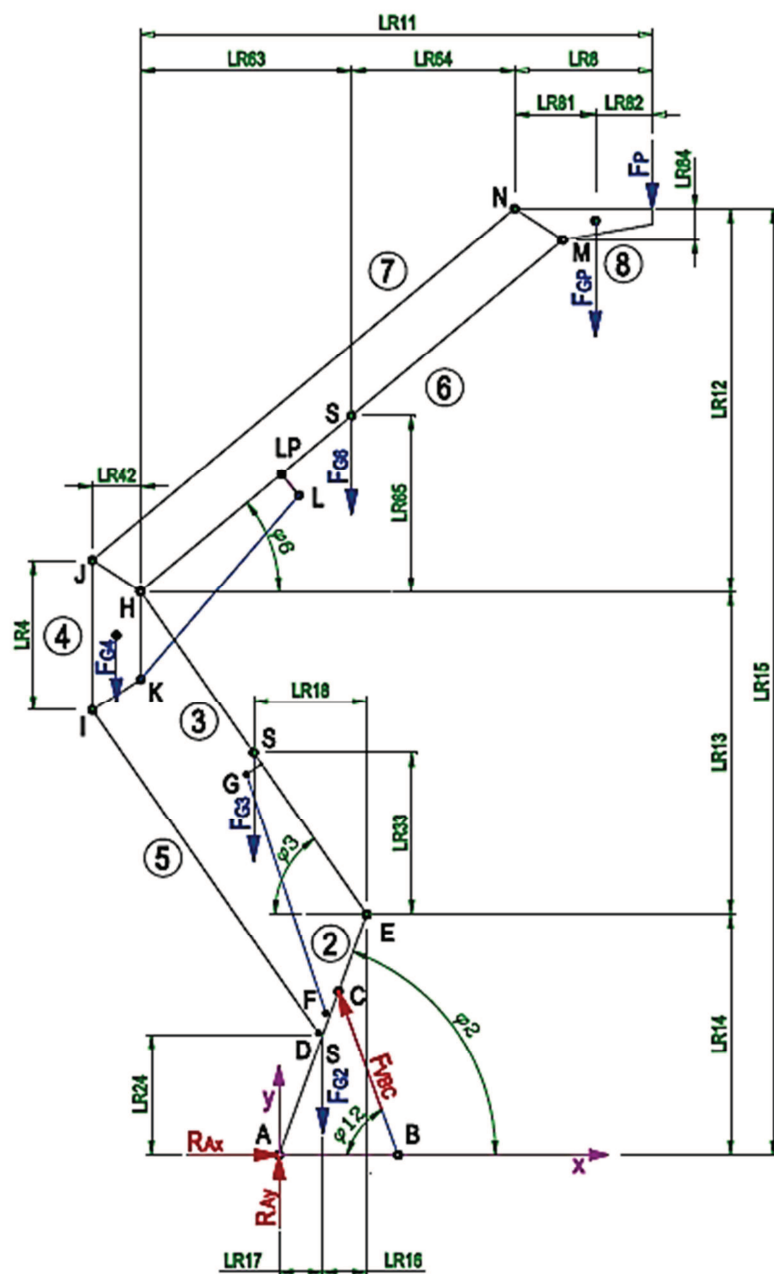
$$\sum F_{yi} = -R_{Ey} + R_{Ay} + F_{VBC} * \sin \varphi_{12} - F_{VFG} * \sin \varphi_{23} - S_5 * \sin \varphi_5 - F_{G2} = 0 \quad (5.41)$$

$$\sum M_A = A + B + C = 0 \quad (5.42)$$

$$A = R_{Ex} * LR_2 * \sin \varphi_2 - R_{Ey} * LR_2 * \cos \varphi_2 + F_{VBC} * \sin \varphi_{12} * C_x \quad (5.43)$$

$$B = F_{VBC} * \cos \varphi_{12} * C_y - F_{VFG} * \cos \varphi_{23} * F_y - F_{G2} * LR_2 / 2 * \cos \varphi_2 \quad (5.44)$$

$$C = -F_{VFG} * \sin \varphi_{23} * F_x - S_5 * \cos \varphi_5 * D_y - S_5 * \sin \varphi_5 * D_x \quad (5.45)$$



Obr. 19: Kontrolní výpočet mechanismu

Rovnice rovnováhy – kontrola pro paralelogram D-E-H-I:

$$\sum F_{xi} = R_{Ax} - F_{VBC} * \cos \varphi_{12} = 0 \quad (5.46)$$

$$\sum F_{yi} = R_{Ay} - F_{GP} - F_P - F_{G6} - F_{G4} - F_{G3} - F_{G2} + F_{VBC} * \sin \varphi_{12} = 0 \quad (5.47)$$

$$\sum M_A = A + B + C + D = 0 \quad (5.48)$$

$$A = F_{VBC} * \cos \varphi_{12} * C_y + F_{VBC} * \sin \varphi_{12} * C_x \quad (5.49)$$

$$B = -F_{GP} * (N_x + LR_{81}) - F_P * (N_x + LR_8) \quad (5.50)$$

$$C = -F_{G6} * (LR_6/2 * \cos \varphi_6 - |H_x|) + F_{G4} * |H_x - LR_{42}/2| \quad (5.51)$$

$$D = -F_{G3} * (LR_3/2 * \cos \varphi_3 - E_x) + F_{G2} * LR_2/2 * \cos \varphi_2 \quad (5.52)$$

## 6 Pevnostní výpočet vybraných dílů analytickou metodou

Výpočet odpovídá zákonům a základům všeobecné mechaniky a pevnostem materiálů. Jednotlivé síly a zatížení jsou uvažovány v polohách, směrech a kombinacích vyplývajících z nejnepríznivějších podmínek. Jednotlivé rovnice od počátku odvozeny. Pro všechny nosné komponenty a spojení jsou zahrnuty údaje o namáháních a součinitelích bezpečnosti. Dále jsou uvedeny detaily o hlavních rozměrech, průřezech a materiálech jednotlivých komponentů a spojů. Požadavky na pevnostní výpočet nosných ocelových konstrukcí je uvádí norma EN 13001-3-1. Pružné deformace štíhlých komponentů výpočet nezohledňuje.

Ve výpočtu je uvažováno s pravidelným zatížením: jmenovité zatížení, zatížení vlastní hmotností. Ve výpočtu není uvažováno s náhodným zatížením: zatížení způsobené větrem při provozu, zatížení ruční silou. Tato zatížení jsou kombinována do dvou kombinací zatížení. Kombinace A zahrnuje pouze pravidelná zatížení – tato kombinace je součástí závěrečné práce. Kombinace B zahrnuje pravidelná i náhodná zatížení – tato kombinace není součástí závěrečné práce. Jednotlivá zatížení a síly mohou být násobena částečnými součiniteli bezpečnosti  $\gamma_p$ .

- Jmenovité zatížení, kombinace A  $\gamma_p = 1.34$  (6.1)

- Vlastní hmotnosti, kombinace A  $\gamma_p = 1.22$  (6.2)

- Vlastní hmotnosti s příznivým působením  $\gamma_p = 1.00$  (6.3)

Analýza únavového namáhání pro nosné komponenty a spoje není součástí této závěrečné práce. Vstupní hodnoty návrhu a detaily výpočtu pro jednotlivé polohy členů mechanismu jsou uvedeny v příloze.

### 6.1 Popis kritické polohy členů mechanismu

Na základě výsledků kinematické a statické analýzy lze stanovit kritické polohy mechanismu pro jeho jednotlivé části z hlediska silového zatížení. Podrobný rozbor přesahuje rámec bakalářské práce. Pro pevnostní výpočet jsou použity maximální síly, které vyplývají z provedeného výpočtu v části 5 Statické řešení mechanismu (detailní výsledky pro jednotlivé polohy členů mechanismu jsou dokladovány v Příloze A. Další posudek jednotlivých částí je zpracován pro polohu mechanismu 1.1.4 (viz. Příloha A). V této poloze jsou hodnoty pracovních úhlů následující:

- Pracovní úhel HV-BC  $\varphi_2 = 70.0^\circ$  (6.4)

- Pracovní úhel HV-FG  $\varphi_3 = -6.7^\circ$  (6.5)

$$\bullet \text{ Pracovní úhel HV-KL} \quad \varphi_6 = 0^\circ \quad (6.6)$$

Vstupní hodnoty pro pevnostní výpočet

$$S_7 = 2480 \text{ N} \quad (6.7)$$

$$R_{Mx} = 2480 \text{ N} \quad (6.8)$$

$$R_{My} = 2500 \text{ N} \quad (6.9)$$

$$R_{Hx} = -90029 \text{ N} \quad (6.10)$$

$$R_{Hy} = -21851 \text{ N} \quad (6.11)$$

$$F_{G6} = 6000 \text{ N} \quad (6.12)$$

$$F_{VKL} = 97363 \text{ N} \quad (6.13)$$

$$\varphi_{36} = 0.3171 \text{ rad} \quad (6.14)$$

$$LR_6 = 6000 \text{ mm} \quad (6.15)$$

$$LR_{61} = 4000 \text{ mm} \quad (6.16)$$

$$LR_{62} = 2000 \text{ mm} \quad (6.17)$$

$$R_6 = 300 \text{ mm} \quad (6.18)$$

## 6.2 Vnitřní statické účinky

Pro vybraný člen „6“ (nosník) jsou vyšetřeny vnitřní statické účinky – průběh normálových sil, průběh posouvajících sil a průběh momentů. Uložení hydraulického válce v bodě L způsobí přídavný moment v rameni č. 6 v místě uchycení vidlice. Účinek se projeví v průběhu momentu skokovou změnou. Ve vztazích pro průběh momentu je toto místo označeno LP. Kladné výsledky sil znamenají namáhání v tahu a záporné výsledky sil znamenají namáhání v tlaku. Vstupní hodnoty návrhu a detaily výpočtu pro jednotlivé polohy členů mechanismu jsou uvedeny v příloze.

Normálové síly:

$$F_{HN} = -R_{Hx} * \cos\varphi_6 - R_{Hy} * \sin\varphi_6 \quad (6.19)$$

$$F_{MN} = R_{Mx} * \cos\varphi_6 + R_{My} * \sin\varphi_6 \quad (6.20)$$

$$F_{LN} = -F_{VKL} * \cos\varphi_{36} \quad (6.21)$$

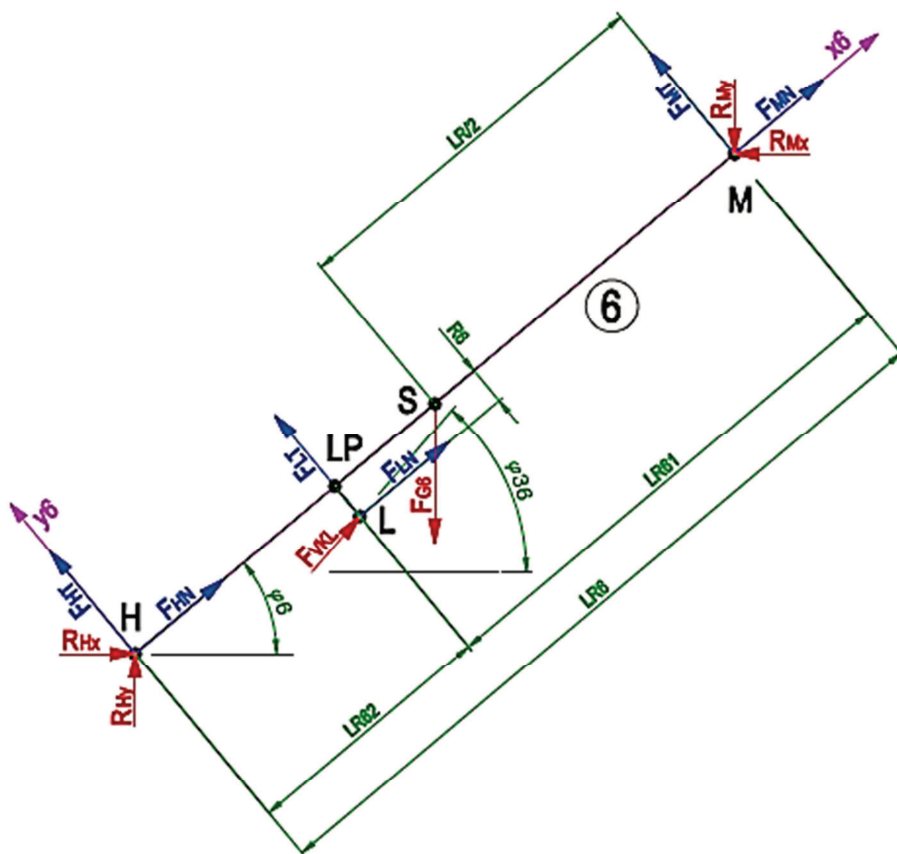
$$F_{GN} = F_{G6} * \sin\varphi_6 \quad (6.22)$$

$$F_{HN} = 90\,029 \text{ N} \quad (6.23)$$

$$F_{MN} = 2\,480 \text{ N} \quad (6.24)$$

$$F_{LN} = -92\,509 \text{ N} \quad (6.25)$$

$$F_{GN} = 0 \text{ N} \quad (6.26)$$



Obr. 20: Uvolnění nosníku – rameno „6“

Posouvající síly:

$$F_{HT} = -R_{Hx} * \sin\varphi_6 + R_{Hy} * \cos\varphi_6 \quad (6.27)$$

$$F_{MT} = R_{Mx} * \sin\varphi_6 - R_{My} * \cos\varphi_6 \quad (6.28)$$

$$F_{LT} = F_{VKL} * \sin\varphi_{36} \quad (6.29)$$

$$F_{GT} = -F_{G6} * \cos\varphi_6 \quad (6.30)$$

$$F_{HT} = -21\,860\,N \quad (6.31)$$

$$F_{MT} = -2\,500\,N \quad (6.32)$$

$$F_{LT} = 30\,360\,N \quad (6.33)$$

$$F_{GT} = -6\,000\,N \quad (6.34)$$

Ohybové momenty:

$$M_{OL} = F_{HT} * LR_{62} + F_{HN} * R_6 - 1/2 \left( \frac{F_{G6}}{LR_6} \right) * (LR_{62})^2 \quad (6.35)$$

$$M_{OLP} = F_{HT} * LR_{62} + F_{LN} * R_6 - 1/2 \left( \frac{F_{G6}}{LR_6} \right) * (LR_{62})^2 \quad (6.36)$$

$$M_{OS} = F_{MT} * \frac{LR_6}{2} - 1/2 \left( \frac{F_{G6}}{LR_6} \right) * \left( \frac{LR_6}{2} \right)^2 \quad (6.37)$$

$$M_{OH} = 0 \quad (6.38)$$

$$M_{OM} = 0 \quad (6.39)$$

$$M_{OL} = -18693 \text{ Nm} \quad (6.40)$$

$$M_{OLP} = -73454 \text{ Nm} \quad (6.41)$$

$$M_{OS} = -12000 \text{ Nm} \quad (6.42)$$

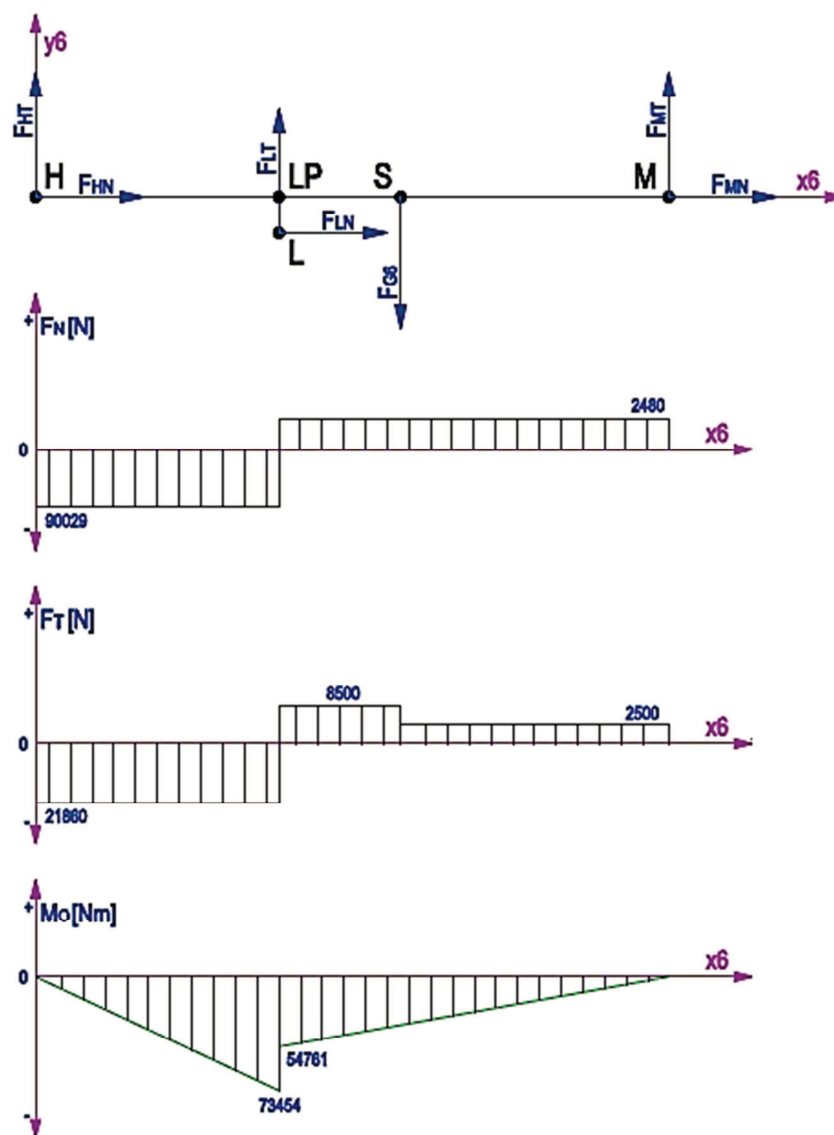
Na základě průběhu vnitřních statických účinků stanovíme maximální hodnoty normálové síly, posouvající síly a ohybového momentu. Dále vypočteme odpovídající napětí a navrhujeme průřez nosníku ramene „6“.

Maximální hodnoty vnitřních sil:

▪ Normálová síla	$F_{n_{\max}} = 90\,029 \text{ N}$	(6.43)
------------------	------------------------------------	--------

▪ Posouvající síla	$F_{t_{\max}} = 21\,860 \text{ N}$	(6.44)
--------------------	------------------------------------	--------

▪ Ohybový moment	$M_{o_{\max}} = 73\,454 \text{ Nm}$	(6.45)
------------------	-------------------------------------	--------



Obr. 21: Vnitřní statické účinky – rameno „6“



### 6.3 Dimenzování ramen a čepů

Na základě této analýzy vnitřních statických účinků je navržen průřez ramene „6“ mechanismu. Dále je proveden kontrolní pevnostní výpočet čepu pro uzel H mechanismu.

Napětí v tahu:

$$\sigma_t = \frac{F_{Nmax}}{S_p} \leq \sigma_{Dt} \quad (6.46)$$

Napětí ve smyku:

$$\tau_s = \frac{F_{Tmax}}{S_p} \leq \tau_{Ds} \quad (6.47)$$

Napětí v ohybu:

$$\sigma_o = \frac{M_{Omax}}{W_{Omin}} \leq \sigma_{Do} \quad (6.48)$$

Celkové normálové napětí:

$$\sigma_N = \sigma_t + \sigma_o \leq \sigma_D \quad (6.49)$$

$$\sigma_t = 7.1 \text{ MPa} \quad (6.50)$$

$$\tau_s = 1.7 \text{ MPa} \quad (6.51)$$

$$\sigma_o = 106.1 \text{ MPa} \quad (6.52)$$

$$\sigma_n = 113.7 \text{ MPa} \quad (6.53)$$

Navržený profil bezpečně vyhovuje.

Pro rameno „6“ je navržen uzavřený profil: TR4HR 260x180x16 dle DIN EN 10219-2. Materiál navrženého profilu je ocel S235JR (Re = 235 MPa). Pro kontrolní výpočet je stanovený koeficient bezpečnosti k = 1.5. Z uvedeného plyne, že dovolené normálové napětí je rovno 150 MPa. Pro dovolené napětí ve smyku použijeme 70% hodnoty dovoleného normálového napětí, tedy 105 MPa. Průřezový modul v ohybu pro daný průřez je tabulková hodnota (Wyo = 865000 mm<sup>3</sup> / Wzo = 692300 mm<sup>3</sup>). Plocha navrženého průřezu je 12780 mm<sup>2</sup>.

Dle normy ČSN EN 22341 volím normalizovaný průměr čepu D = 60 mm. Provedeme kontrolní výpočet čepu na otlačení a ohyb. Materiál čepu je zvolen E295 (11500) – Re = 295 MPa. Dovolené napětí ve smyku je 55 MPa (míjivé zatížení). Součinitel β = 4/3.

Napětí ve smyku:

$$\tau_s = \frac{F_H * \beta}{S_C} \leq \tau_{Ds} \quad (6.54)$$

Maximální smyková síla:

$$F_H = \sqrt{F_{HT}^2 + F_{HN}^2} \quad (6.55)$$

$$\tau_s = 21.9 \text{ MPa} \quad (6.56)$$

$$F_H = 92\,645 \text{ N} \quad (6.57)$$

Pro kontrolu čepu na ohyb a otláčení je potřeba stanovit šířku oka „a = 30 mm“, šířku vidlice „b = 15 mm“. Dovolené namáhání na otláčení je 55 MPa (míjivé zatížení). Dovolené namáhání v ohybu je 70 MPa (míjivé zatížení).

Kontrola čepu na namáhání ohybem:

$$\sigma_o = \frac{M_{Omax}}{W_{Omin}} \leq \sigma_{Do} \quad (6.58)$$

$$\sigma_o = \frac{32 * F_H * (a + 2b)}{4 * \pi * (D_N)^3} \leq \sigma_{Do} \quad (6.59)$$

Kontrola čepu na otláčení ve vidlici:

$$p = \frac{F_H}{S_{OT1}} \leq p_D \quad (6.60)$$

$$p_1 = \frac{F_H}{2b * D_N} \leq p_D \quad (6.61)$$

Kontrola čepu na otláčení v táhle:

$$p = \frac{F_H}{S_{OT2}} \leq p_D \quad (6.62)$$

$$p_2 = \frac{F_H}{a * D_N} \leq p_D \quad (6.63)$$

$$\sigma_o = 65.5 \text{ MPa} \quad (6.64)$$

$$p_1 = 51.5 \text{ MPa} \quad (6.65)$$

$$p_2 = 51.5 \text{ MPa} \quad (6.66)$$

Všechny pevnostní podmínky pro navržený čep vyhovují.

## 6.4 Posouzení svarového spoje oka pro čep

Provedení svarových spojů musí být v souladu s pevnostním výpočtem podle normy EN 13001-3-1. Jednotlivé síly a zatížení musí být uvažovány v polohách, směrech a kombinacích vyplývajících z nejnepříznivějších podmínek. V rámci této bakalářské práce je proveden kontrolní pevnostní výpočet koutových svarů, kterými bude přivařeno oko pro čepový spoj k ramenu č. 6 mechanismu.

Koutové svary oka budou namáhány silou  $F_{VKL}$ , tuto sílu rozložíme na složky  $F_{LN}$  – způsobuje namáhání ohybem a smykem, a  $F_{LT}$  – způsobuje namáhání tlakem (nebude posuzováno). Dovolené napětí ve svaru pro ohyb je odvozeno z dovoleného napětí v tahu. Dovolené napětí pro ohyb je stanoveno ve výši 70% dovoleného napětí v tahu, tedy 105 MPa. Dovolené napětí pro smyk je stanoveno ve výši 60% dovoleného napětí v tahu, tedy 90 MPa. Velikost svaru pro potřeby kontrolního výpočtu je zvolena „a = 10“. Koutový svar bude oboustranný. Délka svaru je zvolena „l = 400 mm“

Napětí v ohybu:

$$\tau_L = \frac{M_{OFLN}}{W_{OSV}} \leq \tau_{DSVL} \quad (6.67)$$

$$\tau_L = \frac{F_{LN} * R_6}{\frac{2 * a * (l)^2}{6}} \leq \tau_{DSVL} \quad (6.68)$$

$$\tau_L = \frac{3 * F_{LN} * R_6}{a * l^2} \leq \tau_{DSVL} \quad (6.69)$$

Napětí ve smyku:

$$\tau_{II} = \frac{F_{LN}}{2 * S_v} \leq \tau_{DSVII} \quad (6.70)$$

$$\tau_{II} = \frac{F_{LN}}{2 * a * l} \leq \tau_{DSVII} \quad (6.71)$$

$$\tau_L = 52.1 \text{ MPa} \quad (6.72)$$

$$\tau_{II} = 11.5 \text{ MPa} \quad (6.73)$$

Všechny pevnostní podmínky pro navržený svar vyhovují.

## 7 Analýza stability zvedacího zařízení

Síly vyvozené hmotnosti konstrukce a jmenovitého zatížení způsobující klopné nebo stabilizující momenty násobíme činitelem 1.0 a uvažujeme působení síly svisle dolů. V případě pohybu výsuvné konstrukce musí být tyto síly násobeny činitelem 0.1 a uvažováno působení ve směru pohybu, který vytváří největší klopný moment – v této závěrečné práci nejsou uvažovány.

Síly větru musí být násobeny činitelem 1.1 a musí být uvažováno jejich vodorovné působení - v této závěrečné práci nejsou uvažovány.

Síly vyvolané činnostmi osob na pracovní plošině musí být násobeny činitelem 1.1 a musí být uvažováno jejich působení ve směru největšího klopného momentu - v této závěrečné práci nejsou uvažovány.

Maximální klopné momenty a odpovídající stabilizující momenty jsou vztaženy k nejnepříznivější klopné hraně. Výpočet je proveden pro nejnepříznivější vysunuté polohy mobilního zvedacího zařízení s maximálními dovolenými náklony podvozku. Všechna zatížení a síly, které působí současně, jsou uvažovány v nejvíce nepříznivých kombinacích. Nutná podmínka výpočtu: vypočtený stabilizující moment musí být větší než vypočtený klopný moment. Vstupní hodnoty návrhu a detaily výpočtu pro jednotlivé polohy členů mechanismu jsou uvedeny v příloze.

Klopný moment – levé kolo:

$$M_{KL} = F_{G3} * (L_{CG3} - L_L) + F_{G4} * (L_{CG4} - L_L) \quad (7.1)$$

Stabilizující moment – levé kolo:

$$M_{ST} = F_V * L + F_B * L + F_{G2} * (L_{CG2} + L_L) + F_{G6} * (L_{CG6} + L_L) + F_{G8} * (L_{CG8} + L_L) \quad (7.2)$$

Míra bezpečnosti – levé kolo:

$$\mu = \frac{M_{ST}}{M_{KL}} > 1 \quad (7.3)$$

Klopný moment – pravé kolo:

$$M_{KL} = F_{G8} * (L_{CG8} - L_P) \quad (7.4)$$

Stabilizující moment – pravé kolo:

$$M_{ST} = (F_V + F_B) * L + F_{G2} * (L_P - L_{CG2}) + F_{G3} * (L_{CG3} + L_P) + \quad (7.5)$$



Výpočet velikosti ramen v momentových rovnicích:

$$L_{CG8} = (N_x + LR_{81}) \quad (7.7)$$

$$L_{CG6} = (N_x - LR_{64}) \quad (7.8)$$

$$L_{CG4} = (H_x - LR_{42}/2) \quad (7.9)$$

$$L_{CG3} = (E_x - LR_{18}) \quad (7.10)$$

$$L_{CG2} = LR_{17} \quad (7.11)$$

$$LR_{81} = 625 \text{ mm} \quad (7.12)$$

$$LR_8 = 1000 \text{ mm} \quad (7.13)$$

$$LR_{42} = 525 \text{ mm} \quad (7.14)$$

$$LR_{64} = (LR_6/2) * \cos \varphi_6 - (M_x - N_x) \quad (7.15)$$

$$LR_{18} = (LR_3/2) * \cos \varphi_3 \quad (7.16)$$

$$LR_{17} = (LR_2/2) * \cos \varphi_2 \quad (7.17)$$

Velikosti zatížení jednotlivých členů mechanismu:

$$F_{G8} = 2500 \text{ N} \quad (7.18)$$

$$F_{G6} = 6000 \text{ N} \quad (7.19)$$

$$F_{G4} = 1500 \text{ N} \quad (7.20)$$

$$F_{G3} = 4000 \text{ N} \quad (7.21)$$

$$F_{G2} = 2800 \text{ N} \quad (7.22)$$

Rozměry podvozku složeného kloubového mechanismu:

$$\bullet . L = 1150 \text{ mm} \quad \text{Vzdálenost kola od osy symetrie} \quad (7.22)$$

$$\bullet . LA = 650 \text{ mm} \quad \text{Vzdálenost uzlu A od osy symetrie} \quad (7.23)$$

$$\bullet . LL = 500 \text{ mm} \quad \text{Vzdálenost uzlu A od osy levého kola} \quad (7.24)$$

$$\bullet . LP = 1800 \text{ mm} \quad \text{Vzdálenost uzlu A od osy pravého kola} \quad (7.25)$$

Výpočet souřadnic jednotlivých uzlů mechanismu:

$$M_x = AE_{x2} * \cos \varphi_2 - EH_{x3} * \cos \varphi_3 + HM_{x6} * \cos \varphi_6 \quad (7.26)$$

$$M_y = AE_{x2} * \sin \varphi_2 + EH_{x3} * \sin \varphi_3 + HM_{x6} * \sin \varphi_6 \quad (7.27)$$

$$N_x = AD_{x2} * \cos \varphi_2 - AD_{y2} * \sin \varphi_2 - EH_{x3} * \cos \varphi_3 + HM_{x6} * \cos \varphi_6 \quad (7.28)$$

$$N_y = A + B \quad (7.29)$$

$$A = AD_{x2} * \sin \varphi_2 + AD_{y2} * \cos \varphi_2 + EH_{x3} * \sin \varphi_3 \quad (7.30)$$

$$B = HM_{x6} * \sin \varphi_6 + IJ_{y4} \quad (7.31)$$

$$H_x = AE_{x2} * \cos \varphi_2 - EH_{x3} * \cos \varphi_3 \quad (7.32)$$

$$H_y = AE_{x2} * \sin \varphi_2 + EH_{x3} * \sin \varphi_3 \quad (7.33)$$

$$L_x = AE_{x2} * \cos \varphi_2 - EH_{x3} * \cos \varphi_3 + HL_{x6} * \cos \varphi_6 + HL_{y6} * \sin \varphi_6 \quad (7.34)$$

$$L_y = AE_{x2} * \sin \varphi_2 + EH_{x3} * \sin \varphi_3 + HL_{x6} * \sin \varphi_6 - HL_{y6} * \cos \varphi_6 \quad (7.35)$$

$$K_x = AE_{x2} * \cos \varphi_2 - EH_{x3} * \cos \varphi_3 \quad (7.36)$$

$$K_y = AE_{x2} * \sin \varphi_2 + EH_{x3} * \sin \varphi_3 - KH_{y4} \quad (7.37)$$

$$J_x = AD_{x2} * \cos \varphi_2 - AD_{y2} * \sin \varphi_2 - EH_{x3} * \cos \varphi_3 \quad (7.38)$$

$$J_y = AD_{x2} * \sin \varphi_2 + AD_{y2} * \cos \varphi_2 + EH_{x3} * \sin \varphi_3 + IJ_{y4} \quad (7.39)$$

$$I_x = AD_{x2} * \cos \varphi_2 - AD_{y2} * \sin \varphi_2 - EH_{x3} * \cos \varphi_3 \quad (7.40)$$

$$I_y = AD_{x2} * \sin \varphi_2 + AD_{y2} * \cos \varphi_2 + EH_{x3} * \sin \varphi_3 \quad (7.41)$$

$$D_x = AD_{x2} * \cos \varphi_2 - AD_{y2} * \sin \varphi_2 \quad (7.42)$$

$$D_y = AD_{x2} * \sin \varphi_2 + AD_{y2} * \cos \varphi_2 \quad (7.43)$$

$$E_x = AE_{x2} * \cos \varphi_2 \quad (7.44)$$

$$E_y = AE_{x2} * \sin \varphi_2 \quad (7.45)$$

$$F_x = AF_{x2} * \cos \varphi_2 - AF_{y2} * \sin \varphi_2 \quad (7.46)$$

$$F_y = AF_{x2} * \sin \varphi_2 + AF_{y2} * \cos \varphi_2 \quad (7.47)$$

$$C_x = AC_{x2} * \cos \varphi_2 + AC_{y2} * \sin \varphi_2 \quad (7.48)$$

$$C_y = AC_{x2} * \sin \varphi_2 - AC_{y2} * \cos \varphi_2 \quad (7.49)$$

$$G_x = AE_{x2} * \cos \varphi_2 - EG_{x3} * \cos \varphi_3 - EG_{y3} * \sin \varphi_3 \quad (7.50)$$

$$G_y = AE_{x2} * \sin \varphi_2 + EG_{x3} * \sin \varphi_3 - EG_{y3} * \cos \varphi_3 \quad (7.51)$$

## 8 Zhodnocení a závěr

Tato závěrečná bakalářská práce řeší návrh a výpočet mobilní zvedací pracovní plošiny. Hlavní část je zaměřena na řešení výsuvné konstrukce – konstrukce, která je připevněna na podvozku a nese pracovní plošinu a umožňuje pohyb pracovní plošiny do požadované polohy (zvedací mechanismus). Návrh zohledňuje požadavky jednotlivých článků normy ČSN EN 280 + A1 (27 5004).

Závěrečná práce je členěna do šesti základních celků. V úvodních dvou částech jsou popsány základní parametry a princip mechanismu zvedacího zařízení. Je uveden návrh koncepčního řešení mechanismu i s jeho použitím a pohonem. Třetí část obsahuje kinematické řešení mechanismu, které je založeno na stanovení základních vztahů popisujících polohu jednotlivých členů mechanismu v závislosti na pracovních úhlech. Konstrukce zvedacího mechanismu vychází z teorie paralelogramu. Čtvrtá část se zabývá statickým řešením. Úlohu řešíme jako statickou soustavu těles v rovině – stupeň volnosti soustavy je roven „0“. V posledních dvou částech je uveden kontrolní pevnostní výpočet vybraných prvků a je provedena analýza stability zvedacího zařízení. V průběhu navrhování se změnil prvotní předpoklad o otočném rameni – člen „2“. Otočné rameno se bude pohybovat v rozmezí pracovního úhlu  $65^{\circ}$  –  $75^{\circ}$ . Původní řešení s nulovým úhlem se ukázalo jako nerealizovatelné.

Hlavní část bakalářské práce obsahuje teoretické vztahy a některé konkrétní číselné hodnoty. V případech, ve kterých je výsledek závislý na poloze členu, jsou numerické hodnoty výpočtu uvedeny v příloze. Tento princip je využit zejména v části kinematické, statické a v řešení stability mechanismu. Pro část pevnostního výpočtu jsou uvedeny konkrétní výsledky v hlavní části bakalářské práce. Pro pevnostní výpočet byl vybrán člen mechanismu „6“, jeho přilehlý čep a posouzení svárového spoje oka pro tento čep.

Geometrie mechanismu a průřezy posuzovaných částí vyhovují požadovaným podmínkám pro tento typ zařízení. Vnitřní síly v jednotlivých částech mechanismu vychází tak velké, že je možno dimenzovat mechanismus z běžně dostupných profilů a běžného materiálu. Výsledky posouzení stability potvrzují, že mechanismus je bezpečný pro běžný provoz.

Mobilní zvedací plošina je určena pro použití na kolejích, stabilitu nelze dosáhnout uchycením ke kolejnicím. Pohon mechanismu je předpokládám hydraulickými válci. Návrh a kontrola tohoto hydraulického obvodu není součástí bakalářské práce.



## 9 Seznam použitých pramenů

- [1] HLAVÁČKOVÁ, M. a kolektiv. *Statika*, [online]. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1512-1.
- [2] PODEŠVA, J. a kolektiv. *Dynamika I*, [online]. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1518-3.
- [3] KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů. Části spojovací*. skripta VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2013, [www. 347.vsb.cz](http://www.347.vsb.cz).
- [4] LEINVEBER J., VÁVRA P. *Strojnické tabulky* (třetí doplněné vydání). Albra, Úvaly, 2006, ISBN 80 – 7361 – 033 – 7.
- [5] HALAMA, R. a kolektiv. *Pružnost a pevnost*, [online]. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2011.

**Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Podešvovi, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při jejím zpracování.

## 10 Seznam příloh

Příloha A: Vstupní parametry detailní výsledky výpočtu pro dílčí polohy členů složeného kloubového mechanismu v aplikaci EXCEL 2013.

Příloha B: Datový nosič s textem Bakalářské práce ve verzi PDF/A.

Příloha A: Vstupní parametry detailní výsledky výpočtu pro dílčí polohy členů složeného kloubového mechanismu v aplikaci EXCEL 2013.

Výsledky jsou seřazeny v tabulkách. Vstupní hodnoty jsou zvoleny nebo vycházejí z tabulkových hodnot a vlastností materiálu. Vypočtené hodnoty vycházejí z obecných vztahů uvedených v základní části bakalářské práce.

VSTUPNÍ HODNOTY			POPIS
1500	N	Fp	Provozní zatížení plošiny
1000	N	Fgp	Vlastní tíha plošiny
500	mm	a	Vzdálenost uzlu M - hrana plošiny
100	mm	b	Vzdálenost uzlu M - těžiště
956	mm	LR41	Rozměr spojky paralelogramů HKy
525	mm	LR42	Rozměr spojky paralelogramů KIx
342	mm	LR43	Rozměr spojky paralelogramů KIy
342	mm	LR44	Rozměr spojky paralelogramů HJy
350	mm	LR84	Vzdálenost uzlů Mny
625	mm	LR81	Vzdálenost těžiště - Nx
1000	mm	LR8	Délka plošiny
6000	N	FG6	Vlastní tíha - člen 6
1500	N	FG4	Vlastní tíha - člen 4
4000	N	FG3	Vlastní tíha - člen 3
2800	N	FG2	Vlastní tíha - člen 2
2500	N	FG8	Vlastní tíha + nosnost plošiny
1150	mm	L	Vzdálenost kola od osy symetrie
650	mm	LA	Vzdálenost uzlu A od osy symetrie
500	mm	LL	Vzdálenost uzlu A od osy levého kola
1800	mm	LP	Vzdálenost uzlu A od osy pravého kola
10000	N	FV	Vlastní tíha podvozku
0	N	FB	Vlastní tíha zátěže

Tab. 1: Vstupní hodnoty a jejich popis

fi 2	fi 3	fi 6	fi 2	fi 3	fi 6	Mx	My	Nx	Ny	M-Nx	M-Ny
[---]	[---]	[---]	[rad]	[rad]	[rad]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	1	1	1,221640	-0,116359	0,324804	2373	4047	1847	4389	526	343
1	1	2	1,221640	-0,116359	0,219903	2542	3441	2017	3783	526	343
1	1	3	1,221640	-0,116359	0,113750	2648	2813	2122	3155	526	343
1	1	4	1,221640	-0,116359	0,000180	2687	2133	2161	2475	526	343
1	1	5	1,221640	-0,116359	0,106481	2653	2770	2127	3112	526	343
1	1	6	1,221640	-0,116359	0,222937	2538	3458	2013	3801	526	343
1	1	7	1,221640	-0,116359	0,345686	2332	4165	1806	4507	526	343
1	1	8	1,221640	-0,116359	0,476994	2017	4887	1491	5229	526	343
1	1	9	1,221640	-0,116359	0,620298	1569	5620	1043	5962	526	343
1	1	10	1,221640	-0,116359	0,698116	1283	5988	757	6331	526	343
1	2	1	1,221640	-0,073598	0,324804	2356	4230	1830	4572	526	343
1	2	2	1,221640	-0,073598	0,219903	2525	3624	1999	3966	526	343
1	2	3	1,221640	-0,073598	0,113750	2631	2996	2105	3338	526	343
1	2	4	1,221640	-0,073598	0,000180	2670	2316	2144	2659	526	343
1	2	5	1,221640	-0,073598	0,106481	2636	2953	2110	3295	526	343
1	2	6	1,221640	-0,073598	0,222937	2521	3641	1995	3984	526	343
1	2	7	1,221640	-0,073598	0,345686	2315	4348	1789	4690	526	343
1	2	8	1,221640	-0,073598	0,476994	2000	5070	1474	5412	526	343
1	2	9	1,221640	-0,073598	0,620298	1552	5803	1026	6145	526	343
1	2	10	1,221640	-0,073598	0,698116	1266	6172	740	6514	526	343
1	3	1	1,221640	0,000216	0,324804	2344	4547	1818	4889	526	343
1	3	2	1,221640	0,000216	0,219903	2513	3941	1987	4283	526	343
1	3	3	1,221640	0,000216	0,113750	2619	3313	2093	3656	526	343
1	3	4	1,221640	0,000216	0,000180	2658	2633	2132	2976	526	343
1	3	5	1,221640	0,000216	0,106481	2624	3270	2098	3612	526	343
1	3	6	1,221640	0,000216	0,222937	2509	3959	1983	4301	526	343
1	3	7	1,221640	0,000216	0,345686	2303	4665	1777	5008	526	343
1	3	8	1,221640	0,000216	0,476994	1988	5387	1462	5729	526	343
1	3	9	1,221640	0,000216	0,620298	1540	6120	1014	6462	526	343
1	3	10	1,221640	0,000216	0,698116	1254	6489	728	6831	526	343
1	4	1	1,221640	0,099087	0,324804	2365	4971	1839	5314	526	343
1	4	2	1,221640	0,099087	0,219903	2534	4365	2009	4708	526	343
1	4	3	1,221640	0,099087	0,113750	2640	3737	2114	4080	526	343
1	4	4	1,221640	0,099087	0,000180	2679	3058	2153	3400	526	343
1	4	5	1,221640	0,099087	0,106481	2645	3694	2119	4037	526	343
1	4	6	1,221640	0,099087	0,222937	2530	4383	2005	4726	526	343
1	4	7	1,221640	0,099087	0,345686	2324	5089	1798	5432	526	343
1	4	8	1,221640	0,099087	0,476994	2009	5811	1483	6154	526	343
1	4	9	1,221640	0,099087	0,620298	1561	6544	1035	6887	526	343
1	4	10	1,221640	0,099087	0,698116	1275	6913	749	7256	526	343

Tab. 2a: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-1-1 : 1-4-10

fi 2	fi 3	fi 6	sin (fi 7)	cos (fi 7)	S7	RMx	RMy	Hx	Hy
[---]	[---]	[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]
1	1	1	0,319123	0,947713	1 726	1 636	3 051	-3313	2132
1	1	2	0,218135	0,975919	1 893	1 847	2 913	-3313	2132
1	1	3	0,113505	0,993537	2 125	2 111	2 741	-3313	2132
1	1	4	0,000180	1,000000	2 480	2 480	2 500	-3313	2132
1	1	5	0,106280	0,994336	2 144	2 131	2 728	-3313	2132
1	1	6	0,221095	0,975252	1 887	1 841	2 917	-3313	2132
1	1	7	0,338842	0,940843	1 698	1 598	3 075	-3313	2132
1	1	8	0,459110	0,888379	1 557	1 384	3 215	-3313	2132
1	1	9	0,581278	0,813705	1 454	1 183	3 345	-3313	2132
1	1	10	0,642775	0,766055	1 416	1 084	3 410	-3313	2132
1	2	1	0,319123	0,947713	1 726	1 636	3 051	-3330	2315
1	2	2	0,218135	0,975919	1 893	1 847	2 913	-3330	2315
1	2	3	0,113505	0,993537	2 125	2 111	2 741	-3330	2315
1	2	4	0,000180	1,000000	2 480	2 480	2 500	-3330	2315
1	2	5	0,106280	0,994336	2 144	2 131	2 728	-3330	2315
1	2	6	0,221095	0,975252	1 887	1 841	2 917	-3330	2315
1	2	7	0,338842	0,940843	1 698	1 598	3 075	-3330	2315
1	2	8	0,459110	0,888379	1 557	1 384	3 215	-3330	2315
1	2	9	0,581278	0,813705	1 454	1 183	3 345	-3330	2315
1	2	10	0,642775	0,766055	1 416	1 084	3 410	-3330	2315
1	3	1	0,319123	0,947713	1 726	1 636	3 051	-3342	2632
1	3	2	0,218135	0,975919	1 893	1 847	2 913	-3342	2632
1	3	3	0,113505	0,993537	2 125	2 111	2 741	-3342	2632
1	3	4	0,000180	1,000000	2 480	2 480	2 500	-3342	2632
1	3	5	0,106280	0,994336	2 144	2 131	2 728	-3342	2632
1	3	6	0,221095	0,975252	1 887	1 841	2 917	-3342	2632
1	3	7	0,338842	0,940843	1 698	1 598	3 075	-3342	2632
1	3	8	0,459110	0,888379	1 557	1 384	3 215	-3342	2632
1	3	9	0,581278	0,813705	1 454	1 183	3 345	-3342	2632
1	3	10	0,642775	0,766055	1 416	1 084	3 410	-3342	2632
1	4	1	0,319123	0,947713	1 726	1 636	3 051	-3321	3056
1	4	2	0,218135	0,975919	1 893	1 847	2 913	-3321	3056
1	4	3	0,113505	0,993537	2 125	2 111	2 741	-3321	3056
1	4	4	0,000180	1,000000	2 480	2 480	2 500	-3321	3056
1	4	5	0,106280	0,994336	2 144	2 131	2 728	-3321	3056
1	4	6	0,221095	0,975252	1 887	1 841	2 917	-3321	3056
1	4	7	0,338842	0,940843	1 698	1 598	3 075	-3321	3056
1	4	8	0,459110	0,888379	1 557	1 384	3 215	-3321	3056
1	4	9	0,581278	0,813705	1 454	1 183	3 345	-3321	3056
1	4	10	0,642775	0,766055	1 416	1 084	3 410	-3321	3056

Tab. 2b: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-1-1 : 1-4-10

fi 2	fi 3	fi 6	Lx	Ly	Kx	Ky	fi 36	sin (fi 36)	cos (fi 36)
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[rad]	[---]	[---]
1	1	1	-1322	2486	-3313	1176	0,581890	0,549604	0,835425
1	1	2	-1296	2275	-3313	1176	0,499026	0,478571	0,878049
1	1	3	-1292	2061	-3313	1176	0,412704	0,401087	0,916040
1	1	4	-1313	1832	-3313	1176	0,317098	0,311810	0,950144
1	1	5	-1292	2046	-3313	1176	0,406691	0,395572	0,918435
1	1	6	-1296	2281	-3313	1176	0,501455	0,480702	0,876884
1	1	7	-1330	2527	-3313	1176	0,598128	0,563096	0,826391
1	1	8	-1399	2784	-3313	1176	0,698517	0,643083	0,765797
1	1	9	-1511	3050	-3313	1176	0,805158	0,720940	0,692998
1	1	10	-1588	3188	-3313	1176	0,861999	0,759145	0,650922
1	2	1	-1339	2669	-3330	1359	0,581890	0,549604	0,835425
1	2	2	-1313	2458	-3330	1359	0,499026	0,478571	0,878049
1	2	3	-1309	2244	-3330	1359	0,412704	0,401087	0,916040
1	2	4	-1330	2015	-3330	1359	0,317098	0,311810	0,950144
1	2	5	-1310	2229	-3330	1359	0,406691	0,395572	0,918435
1	2	6	-1314	2464	-3330	1359	0,501455	0,480702	0,876884
1	2	7	-1347	2710	-3330	1359	0,598128	0,563096	0,826391
1	2	8	-1416	2967	-3330	1359	0,698517	0,643083	0,765797
1	2	9	-1529	3233	-3330	1359	0,805158	0,720940	0,692998
1	2	10	-1606	3371	-3330	1359	0,861999	0,759145	0,650922
1	3	1	-1351	2986	-3342	1676	0,581890	0,549604	0,835425
1	3	2	-1325	2775	-3342	1676	0,499026	0,478571	0,878049
1	3	3	-1321	2561	-3342	1676	0,412704	0,401087	0,916040
1	3	4	-1342	2332	-3342	1676	0,317098	0,311810	0,950144
1	3	5	-1322	2546	-3342	1676	0,406691	0,395572	0,918435
1	3	6	-1325	2782	-3342	1676	0,501455	0,480702	0,876884
1	3	7	-1359	3027	-3342	1676	0,598128	0,563096	0,826391
1	3	8	-1428	3284	-3342	1676	0,698517	0,643083	0,765797
1	3	9	-1540	3550	-3342	1676	0,805158	0,720940	0,692998
1	3	10	-1617	3688	-3342	1676	0,861999	0,759145	0,650922
1	4	1	-1330	3410	-3321	2100	0,581890	0,549604	0,835425
1	4	2	-1304	3200	-3321	2100	0,499026	0,478571	0,878049
1	4	3	-1300	2985	-3321	2100	0,412704	0,401087	0,916040
1	4	4	-1321	2757	-3321	2100	0,317098	0,311810	0,950144
1	4	5	-1300	2971	-3321	2100	0,406691	0,395572	0,918435
1	4	6	-1304	3206	-3321	2100	0,501455	0,480702	0,876884
1	4	7	-1338	3452	-3321	2100	0,598128	0,563096	0,826391
1	4	8	-1407	3708	-3321	2100	0,698517	0,643083	0,765797
1	4	9	-1519	3975	-3321	2100	0,805158	0,720940	0,692998
1	4	10	-1596	4112	-3321	2100	0,861999	0,759145	0,650922

Tab. 2c: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-1-1 : 1-4-10

fi 2	fi 3	fi 6	c	d	e	f	FV-KL	RHx	RHy
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[N]	[N]	[N]
1	1	1	1915	5686	354	1991	39158	-31078	-12471
1	1	2	1309	5856	143	2017	38366	-31840	-9448
1	1	3	681	5961	71	2021	43976	-38173	-8897
1	1	4	1	6000	300	2000	97363	-90029	-21858
1	1	5	638	5966	86	2021	45540	-39694	-9287
1	1	6	1327	5852	150	2017	38391	-31824	-9537
1	1	7	2033	5645	395	1983	39300	-30879	-13054
1	1	8	2755	5330	652	1914	40044	-29282	-16537
1	1	9	3488	4882	918	1802	40531	-26905	-19875
1	1	10	3857	4596	1056	1725	40624	-25359	-21430
1	2	1	1915	5686	354	1991	39158	-31078	-12471
1	2	2	1309	5856	143	2017	38366	-31840	-9448
1	2	3	681	5961	71	2021	43976	-38173	-8897
1	2	4	1	6000	300	2000	97363	-90029	-21858
1	2	5	638	5966	86	2021	45540	-39694	-9287
1	2	6	1327	5852	150	2017	38391	-31824	-9537
1	2	7	2033	5645	395	1983	39300	-30879	-13054
1	2	8	2755	5330	652	1914	40044	-29282	-16537
1	2	9	3488	4882	918	1802	40531	-26905	-19875
1	2	10	3857	4596	1056	1725	40624	-25359	-21430
1	3	1	1915	5686	354	1991	39158	-31078	-12471
1	3	2	1309	5856	143	2017	38366	-31840	-9448
1	3	3	681	5961	71	2021	43976	-38173	-8897
1	3	4	1	6000	300	2000	97363	-90029	-21858
1	3	5	638	5966	86	2021	45540	-39694	-9287
1	3	6	1327	5852	150	2017	38391	-31824	-9537
1	3	7	2033	5645	395	1983	39300	-30879	-13054
1	3	8	2755	5330	652	1914	40044	-29282	-16537
1	3	9	3488	4882	918	1802	40531	-26905	-19875
1	3	10	3857	4596	1056	1725	40624	-25359	-21430
1	4	1	1915	5686	354	1991	39158	-31078	-12471
1	4	2	1309	5856	143	2017	38366	-31840	-9448
1	4	3	681	5961	71	2021	43976	-38173	-8897
1	4	4	1	6000	300	2000	97363	-90029	-21858
1	4	5	638	5966	86	2021	45540	-39694	-9287
1	4	6	1327	5852	150	2017	38391	-31824	-9537
1	4	7	2033	5645	395	1983	39300	-30879	-13054
1	4	8	2755	5330	652	1914	40044	-29282	-16537
1	4	9	3488	4882	918	1802	40531	-26905	-19875
1	4	10	3857	4596	1056	1725	40624	-25359	-21430

Tab. 2d: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-1-1 : 1-4-10



fi 2	fi 3	fi 6	suma Fx	suma Fy	suma M[H]	sin (fi-5)	cos (fi-5)
[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[Nmm]	[---]	[---]
1	1	1	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,116096	0,993238
1	1	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,116096	0,993238
1	1	3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,116096	0,993238
1	1	4	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,116096	0,993238
1	1	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,116096	0,993238
1	1	6	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,116096	0,993238
1	1	7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,116096	0,993238
1	1	8	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,116096	0,993238
1	1	9	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,116096	0,993238
1	1	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,116096	0,993238
1	2	1	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,073531	0,997293
1	2	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,073531	0,997293
1	2	3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,073531	0,997293
1	2	4	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,073531	0,997293
1	2	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,073531	0,997293
1	2	6	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,073531	0,997293
1	2	7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,073531	0,997293
1	2	8	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,073531	0,997293
1	2	9	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,073531	0,997293
1	2	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-0,073531	0,997293
1	3	1	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000216	1,000000
1	3	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000216	1,000000
1	3	3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000216	1,000000
1	3	4	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000216	1,000000
1	3	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000216	1,000000
1	3	6	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000216	1,000000
1	3	7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000216	1,000000
1	3	8	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000216	1,000000
1	3	9	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000216	1,000000
1	3	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000216	1,000000
1	4	1	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,098925	0,995095
1	4	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,098925	0,995095
1	4	3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,098925	0,995095
1	4	4	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,098925	0,995095
1	4	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,098925	0,995095
1	4	6	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,098925	0,995095
1	4	7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,098925	0,995095
1	4	8	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,098925	0,995095
1	4	9	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,098925	0,995095
1	4	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,098925	0,995095

Tab. 2e: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-1-1 : 1-4-10

fi 2	fi 3	fi 6	S5	RHHx	RHHy	Ex	Ey	Fx	Fy
[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	1	1	39 652	-39 384	5 397	958	2631	511	1550
1	1	2	40 816	-40 540	5 261	958	2631	511	1550
1	1	3	48 696	-48 367	4 347	958	2631	511	1550
1	1	4	111 091	-110 340	-2 897	958	2631	511	1550
1	1	5	50 538	-50 197	4 133	958	2631	511	1550
1	1	6	40 788	-40 512	5 265	958	2631	511	1550
1	1	7	39 369	-39 103	5 429	958	2631	511	1550
1	1	8	37 205	-36 954	5 681	958	2631	511	1550
1	1	9	34 126	-33 895	6 038	958	2631	511	1550
1	1	10	32 161	-31 943	6 266	958	2631	511	1550
1	2	1	38 411	-38 307	7 176	958	2631	511	1550
1	2	2	39 538	-39 431	7 093	958	2631	511	1550
1	2	3	47 171	-47 044	6 531	958	2631	511	1550
1	2	4	107 613	-107 322	2 087	958	2631	511	1550
1	2	5	48 956	-48 824	6 400	958	2631	511	1550
1	2	6	39 511	-39 404	7 095	958	2631	511	1550
1	2	7	38 137	-38 033	7 196	958	2631	511	1550
1	2	8	36 041	-35 943	7 350	958	2631	511	1550
1	2	9	33 057	-32 968	7 569	958	2631	511	1550
1	2	10	31 154	-31 069	7 709	958	2631	511	1550
1	3	1	36 592	-36 592	10 008	958	2631	511	1550
1	3	2	37 665	-37 665	10 008	958	2631	511	1550
1	3	3	44 938	-44 938	10 010	958	2631	511	1550
1	3	4	102 517	-102 517	10 022	958	2631	511	1550
1	3	5	46 638	-46 638	10 010	958	2631	511	1550
1	3	6	37 640	-37 640	10 008	958	2631	511	1550
1	3	7	36 330	-36 330	10 008	958	2631	511	1550
1	3	8	34 334	-34 334	10 007	958	2631	511	1550
1	3	9	31 492	-31 492	10 007	958	2631	511	1550
1	3	10	29 678	-29 678	10 006	958	2631	511	1550
1	4	1	34 689	-34 519	13 432	958	2631	511	1550
1	4	2	35 706	-35 531	13 532	958	2631	511	1550
1	4	3	42 601	-42 392	14 214	958	2631	511	1550
1	4	4	97 185	-96 709	19 614	958	2631	511	1550
1	4	5	44 212	-43 995	14 374	958	2631	511	1550
1	4	6	35 682	-35 507	13 530	958	2631	511	1550
1	4	7	34 441	-34 272	13 407	958	2631	511	1550
1	4	8	32 548	-32 389	13 220	958	2631	511	1550
1	4	9	29 854	-29 708	12 953	958	2631	511	1550
1	4	10	28 135	-27 997	12 783	958	2631	511	1550

Tab. 2f: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-1-1 : 1-4-10

fi 2	fi 3	fi 6	Gx	Gy	fi-23	sin (fi-23)	cos (fi-23)	G-Ex	G-Ey
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[rad]	[---]	[---]	[mm]	[mm]
1	1	1	-1005	2200	-0,405256	-0,394254	0,919002	1963	431
1	1	2	-1005	2200	-0,405256	-0,394254	0,919002	1963	431
1	1	3	-1005	2200	-0,405256	-0,394254	0,919002	1963	431
1	1	4	-1005	2200	-0,405256	-0,394254	0,919002	1963	431
1	1	5	-1005	2200	-0,405256	-0,394254	0,919002	1963	431
1	1	6	-1005	2200	-0,405256	-0,394254	0,919002	1963	431
1	1	7	-1005	2200	-0,405256	-0,394254	0,919002	1963	431
1	1	8	-1005	2200	-0,405256	-0,394254	0,919002	1963	431
1	1	9	-1005	2200	-0,405256	-0,394254	0,919002	1963	431
1	1	10	-1005	2200	-0,405256	-0,394254	0,919002	1963	431
1	2	1	-1022	2285	-0,446995	-0,432257	0,901750	1980	347
1	2	2	-1022	2285	-0,446995	-0,432257	0,901750	1980	347
1	2	3	-1022	2285	-0,446995	-0,432257	0,901750	1980	347
1	2	4	-1022	2285	-0,446995	-0,432257	0,901750	1980	347
1	2	5	-1022	2285	-0,446995	-0,432257	0,901750	1980	347
1	2	6	-1022	2285	-0,446995	-0,432257	0,901750	1980	347
1	2	7	-1022	2285	-0,446995	-0,432257	0,901750	1980	347
1	2	8	-1022	2285	-0,446995	-0,432257	0,901750	1980	347
1	2	9	-1022	2285	-0,446995	-0,432257	0,901750	1980	347
1	2	10	-1022	2285	-0,446995	-0,432257	0,901750	1980	347
1	3	1	-1042	2431	-0,516367	-0,493724	0,869619	2000	200
1	3	2	-1042	2431	-0,516367	-0,493724	0,869619	2000	200
1	3	3	-1042	2431	-0,516367	-0,493724	0,869619	2000	200
1	3	4	-1042	2431	-0,516367	-0,493724	0,869619	2000	200
1	3	5	-1042	2431	-0,516367	-0,493724	0,869619	2000	200
1	3	6	-1042	2431	-0,516367	-0,493724	0,869619	2000	200
1	3	7	-1042	2431	-0,516367	-0,493724	0,869619	2000	200
1	3	8	-1042	2431	-0,516367	-0,493724	0,869619	2000	200
1	3	9	-1042	2431	-0,516367	-0,493724	0,869619	2000	200
1	3	10	-1042	2431	-0,516367	-0,493724	0,869619	2000	200
1	4	1	-1052	2630	-0,604707	-0,568521	0,822669	2010	1
1	4	2	-1052	2630	-0,604707	-0,568521	0,822669	2010	1
1	4	3	-1052	2630	-0,604707	-0,568521	0,822669	2010	1
1	4	4	-1052	2630	-0,604707	-0,568521	0,822669	2010	1
1	4	5	-1052	2630	-0,604707	-0,568521	0,822669	2010	1
1	4	6	-1052	2630	-0,604707	-0,568521	0,822669	2010	1
1	4	7	-1052	2630	-0,604707	-0,568521	0,822669	2010	1
1	4	8	-1052	2630	-0,604707	-0,568521	0,822669	2010	1
1	4	9	-1052	2630	-0,604707	-0,568521	0,822669	2010	1
1	4	10	-1052	2630	-0,604707	-0,568521	0,822669	2010	1

Tab. 2g: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-1-1 : 1-4-10

fi 2	fi 3	fi 6	FV-FG	REx	REy	Bx	By	Cx	Cy
[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	1	1	-43806	-79642	-7874	1300	0	650	1785
1	1	2	-43806	-80797	-8009	1300	0	650	1785
1	1	3	-43806	-88624	-8924	1300	0	650	1785
1	1	4	-43806	-150598	-16168	1300	0	650	1785
1	1	5	-43806	-90454	-9138	1300	0	650	1785
1	1	6	-43806	-80770	-8006	1300	0	650	1785
1	1	7	-43806	-79360	-7841	1300	0	650	1785
1	1	8	-43806	-77211	-7590	1300	0	650	1785
1	1	9	-43806	-74153	-7232	1300	0	650	1785
1	1	10	-43806	-72201	-7004	1300	0	650	1785
1	2	1	-44047	-78027	-7864	1300	0	650	1785
1	2	2	-44047	-79150	-7947	1300	0	650	1785
1	2	3	-44047	-86764	-8508	1300	0	650	1785
1	2	4	-44047	-147042	-12953	1300	0	650	1785
1	2	5	-44047	-88543	-8640	1300	0	650	1785
1	2	6	-44047	-79124	-7945	1300	0	650	1785
1	2	7	-44047	-77753	-7844	1300	0	650	1785
1	2	8	-44047	-75663	-7690	1300	0	650	1785
1	2	9	-44047	-72688	-7471	1300	0	650	1785
1	2	10	-44047	-70789	-7331	1300	0	650	1785
1	3	1	-44444	-75241	-7935	1300	0	650	1785
1	3	2	-44444	-76314	-7935	1300	0	650	1785
1	3	3	-44444	-83587	-7933	1300	0	650	1785
1	3	4	-44444	-141166	-7921	1300	0	650	1785
1	3	5	-44444	-85287	-7933	1300	0	650	1785
1	3	6	-44444	-76289	-7935	1300	0	650	1785
1	3	7	-44444	-74980	-7935	1300	0	650	1785
1	3	8	-44444	-72983	-7936	1300	0	650	1785
1	3	9	-44444	-70141	-7936	1300	0	650	1785
1	3	10	-44444	-68328	-7937	1300	0	650	1785
1	4	1	-44896	-71454	-8093	1300	0	650	1785
1	4	2	-44896	-72466	-7992	1300	0	650	1785
1	4	3	-44896	-79326	-7310	1300	0	650	1785
1	4	4	-44896	-133643	-1911	1300	0	650	1785
1	4	5	-44896	-80930	-7151	1300	0	650	1785
1	4	6	-44896	-72442	-7995	1300	0	650	1785
1	4	7	-44896	-71207	-8117	1300	0	650	1785
1	4	8	-44896	-69323	-8305	1300	0	650	1785
1	4	9	-44896	-66643	-8571	1300	0	650	1785
1	4	10	-44896	-64932	-8741	1300	0	650	1785

Tab. 2h: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-1-1 : 1-4-10

fi 2	fi 3	fi 6	Dx	Dy	fi-12	sin (fi-12)	cos (fi-12)	FV-BC
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[rad]	[---]	[---]	[N]
1	1	1	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	198 934 726
1	1	2	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	203 326 442
1	1	3	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	233 079 311
1	1	4	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	468 653 824
1	1	5	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	240 035 416
1	1	6	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	203 222 687
1	1	7	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	197 865 053
1	1	8	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	189 696 154
1	1	9	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	178 069 110
1	1	10	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	170 649 702
1	2	1	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	195 765 174
1	2	2	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	200 104 163
1	2	3	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	229 499 819
1	2	4	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	462 246 025
1	2	5	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	236 372 409
1	2	6	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	200 001 653
1	2	7	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	194 708 343
1	2	8	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	186 637 521
1	2	9	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	175 150 071
1	2	10	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	167 819 740
1	3	1	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	190 448 546
1	3	2	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	194 703 593
1	3	3	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	223 530 564
1	3	4	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	451 774 089
1	3	5	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	230 270 197
1	3	6	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	194 603 066
1	3	7	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	189 412 160
1	3	8	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	181 497 474
1	3	9	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	170 232 259
1	3	10	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	163 043 741
1	4	1	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	183 535 241
1	4	2	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	187 688 820
1	4	3	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	215 828 366
1	4	4	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	438 629 060
1	4	5	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	222 407 282
1	4	6	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	187 590 690
1	4	7	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	182 523 569
1	4	8	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	174 797 622
1	4	9	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	163 801 044
1	4	10	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	156 783 947

Tab. 2i: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-1-1 : 1-4-10

fi 2	fi 3	fi 6	RAx	RAy	suma Fx	suma Fy	suma M[A]
[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[N]	[N]	[Nmm]
1	1	1	67 977 848	-186 923 737	-7,88E+04	-9,21E+03	2,43E+11
1	1	2	69 477 967	-191 050 734	-8,11E+04	-9,48E+03	2,48E+11
1	1	3	79 640 925	-219 010 193	-9,67E+04	-1,13E+04	2,85E+11
1	1	4	160 108 260	-440 385 013	-2,21E+05	-2,58E+04	5,72E+11
1	1	5	82 016 986	-225 547 006	-1,00E+05	-1,17E+04	2,93E+11
1	1	6	69 442 526	-190 953 233	-8,10E+04	-9,47E+03	2,48E+11
1	1	7	67 612 470	-185 918 540	-7,82E+04	-9,14E+03	2,42E+11
1	1	8	64 822 145	-178 242 037	-7,39E+04	-8,64E+03	2,32E+11
1	1	9	60 850 590	-167 315 835	-6,78E+04	-7,92E+03	2,18E+11
1	1	10	58 316 275	-160 343 646	-6,39E+04	-7,47E+03	2,08E+11
1	2	1	66 895 683	-183 941 873	-7,66E+04	-5,65E+03	2,39E+11
1	2	2	68 377 826	-188 019 220	-7,89E+04	-5,81E+03	2,44E+11
1	2	3	78 419 009	-215 642 313	-9,41E+04	-6,94E+03	2,80E+11
1	2	4	157 922 154	-434 353 882	-2,15E+05	-1,58E+04	5,65E+11
1	2	5	80 766 598	-222 100 484	-9,76E+04	-7,20E+03	2,89E+11
1	2	6	68 342 810	-187 922 891	-7,88E+04	-5,81E+03	2,44E+11
1	2	7	66 534 682	-182 948 769	-7,61E+04	-5,61E+03	2,38E+11
1	2	8	63 777 792	-175 364 618	-7,19E+04	-5,30E+03	2,28E+11
1	2	9	59 853 825	-164 569 863	-6,59E+04	-4,86E+03	2,14E+11
1	2	10	57 349 877	-157 681 553	-6,21E+04	-4,58E+03	2,05E+11
1	3	1	65 080 266	-178 940 376	-7,32E+04	1,58E+01	2,33E+11
1	3	2	66 533 793	-182 938 680	-7,53E+04	1,63E+01	2,38E+11
1	3	3	76 381 107	-210 026 276	-8,99E+04	1,94E+01	2,73E+11
1	3	4	154 349 260	-424 497 935	-2,05E+05	4,43E+01	5,52E+11
1	3	5	78 683 371	-216 359 250	-9,33E+04	2,01E+01	2,81E+11
1	3	6	66 499 453	-182 844 219	-7,53E+04	1,63E+01	2,38E+11
1	3	7	64 726 236	-177 966 524	-7,27E+04	1,57E+01	2,31E+11
1	3	8	62 022 574	-170 529 399	-6,87E+04	1,48E+01	2,22E+11
1	3	9	58 174 368	-159 943 910	-6,30E+04	1,36E+01	2,08E+11
1	3	10	55 718 765	-153 189 135	-5,94E+04	1,28E+01	1,99E+11
1	4	1	62 719 334	-172 437 361	-6,90E+04	6,86E+03	2,24E+11
1	4	2	64 138 270	-176 340 119	-7,11E+04	7,06E+03	2,29E+11
1	4	3	73 751 237	-202 780 407	-8,48E+04	8,43E+03	2,64E+11
1	4	4	149 863 893	-412 126 871	-1,93E+05	1,92E+04	5,36E+11
1	4	5	75 998 711	-208 962 043	-8,80E+04	8,75E+03	2,72E+11
1	4	6	64 104 748	-176 247 915	-7,10E+04	7,06E+03	2,29E+11
1	4	7	62 373 729	-171 486 781	-6,85E+04	6,81E+03	2,23E+11
1	4	8	59 734 409	-164 227 380	-6,48E+04	6,44E+03	2,14E+11
1	4	9	55 977 784	-153 894 850	-5,94E+04	5,91E+03	2,00E+11
1	4	10	53 580 620	-147 301 494	-5,60E+04	5,57E+03	1,92E+11

Tab. 2j: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-1-1 : 1-4-10

fi 2	fi 3	fi 6	LCG8	LCG6	LCG4	LCG3	LCG2	LR64	KL. MOMENT-LK
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[Nmm]
1	1	1	2472	-1692	-3576	-1178	479	2317	-12823560
1	1	2	2642	-1777	-3576	-1178	479	2402	-12823560
1	1	3	2747	-1830	-3576	-1178	479	2455	-12823560
1	1	4	2786	-1849	-3576	-1178	479	2474	-12823560
1	1	5	2752	-1832	-3576	-1178	479	2457	-12823560
1	1	6	2638	-1775	-3576	-1178	479	2400	-12823560
1	1	7	2431	-1672	-3576	-1178	479	2297	-12823560
1	1	8	2116	-1514	-3576	-1178	479	2139	-12823560
1	1	9	1668	-1290	-3576	-1178	479	1915	-12823560
1	1	10	1382	-1147	-3576	-1178	479	1772	-12823560
1	2	1	2455	-1692	-3593	-1186	479	2317	-12884587
1	2	2	2624	-1777	-3593	-1186	479	2402	-12884587
1	2	3	2730	-1830	-3593	-1186	479	2455	-12884587
1	2	4	2769	-1849	-3593	-1186	479	2474	-12884587
1	2	5	2735	-1832	-3593	-1186	479	2457	-12884587
1	2	6	2620	-1775	-3593	-1186	479	2400	-12884587
1	2	7	2414	-1672	-3593	-1186	479	2297	-12884587
1	2	8	2099	-1514	-3593	-1186	479	2139	-12884587
1	2	9	1651	-1290	-3593	-1186	479	1915	-12884587
1	2	10	1365	-1147	-3593	-1186	479	1772	-12884587
1	3	1	2443	-1692	-3605	-1192	479	2317	-12925329
1	3	2	2612	-1777	-3605	-1192	479	2402	-12925329
1	3	3	2718	-1830	-3605	-1192	479	2455	-12925329
1	3	4	2757	-1849	-3605	-1192	479	2474	-12925329
1	3	5	2723	-1832	-3605	-1192	479	2457	-12925329
1	3	6	2608	-1775	-3605	-1192	479	2400	-12925329
1	3	7	2402	-1672	-3605	-1192	479	2297	-12925329
1	3	8	2087	-1514	-3605	-1192	479	2139	-12925329
1	3	9	1639	-1290	-3605	-1192	479	1915	-12925329
1	3	10	1353	-1147	-3605	-1192	479	1772	-12925329
1	4	1	2464	-1692	-3584	-1182	479	2317	-12851507
1	4	2	2634	-1777	-3584	-1182	479	2402	-12851507
1	4	3	2739	-1830	-3584	-1182	479	2455	-12851507
1	4	4	2778	-1849	-3584	-1182	479	2474	-12851507
1	4	5	2744	-1832	-3584	-1182	479	2457	-12851507
1	4	6	2630	-1775	-3584	-1182	479	2400	-12851507
1	4	7	2423	-1672	-3584	-1182	479	2297	-12851507
1	4	8	2108	-1514	-3584	-1182	479	2139	-12851507
1	4	9	1660	-1290	-3584	-1182	479	1915	-12851507
1	4	10	1374	-1147	-3584	-1182	479	1772	-12851507

Tab. 2k: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-1-1 : 1-4-10

fi 2	fi 3	fi 6	STAB MOMENT-LK	MB	KL. MOMENT-PK	STAB MOMENT-PK	MB
[---]	[---]	[---]	[Nmm]	[---]	[Nmm]	[Nmm]	[---]
1	1	1	14518598	-1,13	1680800	35978642	21,41
1	1	2	14433982	-1,13	2103881	36486338	17,34
1	1	3	14381126	-1,12	2368164	36803478	15,54
1	1	4	14361738	-1,12	2465102	36919804	14,98
1	1	5	14378729	-1,12	2380146	36817856	15,47
1	1	6	14435981	-1,13	2093886	36474344	17,42
1	1	7	14539208	-1,13	1577752	35854984	22,73
1	1	8	14696600	-1,15	790791	34910630	44,15
1	1	9	14920622	-1,16	-329317	33566501	-101,93
1	1	10	15063574	-1,17	-1044077	32708789	-31,33
1	2	1	14475008	-1,12	1637210	35917615	21,94
1	2	2	14390392	-1,12	2060290	36425312	17,68
1	2	3	14337535	-1,11	2324574	36742451	15,81
1	2	4	14318147	-1,11	2421512	36858777	15,22
1	2	5	14335139	-1,11	2336555	36756830	15,73
1	2	6	14392391	-1,12	2050295	36413317	17,76
1	2	7	14495617	-1,13	1534162	35793957	23,33
1	2	8	14653010	-1,14	747200	34849603	46,64
1	2	9	14877031	-1,15	-372908	33505474	-89,85
1	2	10	15019983	-1,17	-1087667	32647763	-30,02
1	3	1	14445907	-1,12	1608109	35876873	22,31
1	3	2	14361291	-1,11	2031189	36384570	17,91
1	3	3	14308434	-1,11	2295472	36701710	15,99
1	3	4	14289046	-1,11	2392411	36818036	15,39
1	3	5	14306038	-1,11	2307454	36716088	15,91
1	3	6	14363290	-1,11	2021194	36372576	18,00
1	3	7	14466516	-1,12	1505060	35753215	23,76
1	3	8	14623909	-1,13	718099	34808862	48,47
1	3	9	14847930	-1,15	-402009	33464732	-83,24
1	3	10	14990882	-1,16	-1116768	32607021	-29,20
1	4	1	14498636	-1,13	1660838	35950695	21,65
1	4	2	14414020	-1,12	2083919	36458391	17,50
1	4	3	14361163	-1,12	2348202	36775531	15,66
1	4	4	14341776	-1,12	2445140	36891857	15,09
1	4	5	14358767	-1,12	2360184	36789909	15,59
1	4	6	14416019	-1,12	2073923	36446397	17,57
1	4	7	14519246	-1,13	1557790	35827037	23,00
1	4	8	14676638	-1,14	770828	34882683	45,25
1	4	9	14900660	-1,16	-349279	33538554	-96,02
1	4	10	15043612	-1,17	-1064039	32680842	-30,71

Tab. 2l: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-1-1 : 1-4-10



fi 2	fi 3	fi 6	fi 2	fi 3	fi 6	Mx	My	Nx	Ny	M-Nx	M-Ny
[---]	[---]	[---]	[rad]	[rad]	[rad]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	5	1	1,221640	0,277538	0,324804	2509	5724	1983	6067	526	343
1	5	2	1,221640	0,277538	0,219903	2678	5118	2152	5461	526	343
1	5	3	1,221640	0,277538	0,113750	2784	4490	2258	4833	526	343
1	5	4	1,221640	0,277538	0,000180	2822	3810	2297	4153	526	343
1	5	5	1,221640	0,277538	0,106481	2788	4447	2263	4789	526	343
1	5	6	1,221640	0,277538	0,222937	2674	5136	2148	5478	526	343
1	5	7	1,221640	0,277538	0,345686	2468	5842	1942	6185	526	343
1	5	8	1,221640	0,277538	0,476994	2153	6564	1627	6906	526	343
1	5	9	1,221640	0,277538	0,620298	1705	7297	1179	7639	526	343
1	5	10	1,221640	0,277538	0,698116	1419	7666	893	8008	526	343
1	6	1	1,221640	0,466255	0,324804	2803	6479	2277	6821	526	343
1	6	2	1,221640	0,466255	0,219903	2972	5873	2446	6215	526	343
1	6	3	1,221640	0,466255	0,113750	3078	5245	2552	5588	526	343
1	6	4	1,221640	0,466255	0,000180	3117	4565	2591	4908	526	343
1	6	5	1,221640	0,466255	0,106481	3083	5202	2557	5544	526	343
1	6	6	1,221640	0,466255	0,222937	2968	5891	2442	6233	526	343
1	6	7	1,221640	0,466255	0,345686	2762	6597	2236	6940	526	343
1	6	8	1,221640	0,466255	0,476994	2447	7319	1921	7661	526	343
1	6	9	1,221640	0,466255	0,620298	1999	8052	1473	8394	526	343
1	6	10	1,221640	0,466255	0,698116	1713	8421	1187	8763	526	343
1	7	1	1,221640	0,671323	0,324804	3277	7220	2751	7563	526	343
1	7	2	1,221640	0,671323	0,219903	3447	6615	2921	6957	526	343
1	7	3	1,221640	0,671323	0,113750	3552	5987	3026	6329	526	343
1	7	4	1,221640	0,671323	0,000180	3591	5307	3065	5649	526	343
1	7	5	1,221640	0,671323	0,106481	3557	5943	3031	6286	526	343
1	7	6	1,221640	0,671323	0,222937	3443	6632	2917	6975	526	343
1	7	7	1,221640	0,671323	0,345686	3236	7339	2710	7681	526	343
1	7	8	1,221640	0,671323	0,476994	2921	8060	2395	8403	526	343
1	7	9	1,221640	0,671323	0,620298	2473	8793	1947	9136	526	343
1	7	10	1,221640	0,671323	0,698116	2187	9162	1661	9505	526	343
1	8	1	1,221640	0,782886	0,324804	3596	7579	3070	7921	526	343
1	8	2	1,221640	0,782886	0,219903	3765	6973	3239	7315	526	343
1	8	3	1,221640	0,782886	0,113750	3871	6345	3345	6688	526	343
1	8	4	1,221640	0,782886	0,000180	3910	5665	3384	6008	526	343
1	8	5	1,221640	0,782886	0,106481	3876	6302	3350	6644	526	343
1	8	6	1,221640	0,782886	0,222937	3761	6991	3235	7333	526	343
1	8	7	1,221640	0,782886	0,345686	3555	7697	3029	8040	526	343
1	8	8	1,221640	0,782886	0,476994	3240	8419	2714	8761	526	343
1	8	9	1,221640	0,782886	0,620298	2792	9152	2266	9494	526	343
1	8	10	1,221640	0,782886	0,698116	2506	9521	1980	9863	526	343

Tab. 3a: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-5-1 : 1-8-10

fi 2	fi 3	fi 6	sin (fi 7)	cos (fi 7)	S7	RMx	RMy	Hx	Hy
[---]	[---]	[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]
1	5	1	0,319123	0,947713	1 726	1 636	3 051	-3178	3809
1	5	2	0,218135	0,975919	1 893	1 847	2 913	-3178	3809
1	5	3	0,113505	0,993537	2 125	2 111	2 741	-3178	3809
1	5	4	0,000180	1,000000	2 480	2 480	2 500	-3178	3809
1	5	5	0,106280	0,994336	2 144	2 131	2 728	-3178	3809
1	5	6	0,221095	0,975252	1 887	1 841	2 917	-3178	3809
1	5	7	0,338842	0,940843	1 698	1 598	3 075	-3178	3809
1	5	8	0,459110	0,888379	1 557	1 384	3 215	-3178	3809
1	5	9	0,581278	0,813705	1 454	1 183	3 345	-3178	3809
1	5	10	0,642775	0,766055	1 416	1 084	3 410	-3178	3809
1	6	1	0,319123	0,947713	1 726	1 636	3 051	-2883	4564
1	6	2	0,218135	0,975919	1 893	1 847	2 913	-2883	4564
1	6	3	0,113505	0,993537	2 125	2 111	2 741	-2883	4564
1	6	4	0,000180	1,000000	2 480	2 480	2 500	-2883	4564
1	6	5	0,106280	0,994336	2 144	2 131	2 728	-2883	4564
1	6	6	0,221095	0,975252	1 887	1 841	2 917	-2883	4564
1	6	7	0,338842	0,940843	1 698	1 598	3 075	-2883	4564
1	6	8	0,459110	0,888379	1 557	1 384	3 215	-2883	4564
1	6	9	0,581278	0,813705	1 454	1 183	3 345	-2883	4564
1	6	10	0,642775	0,766055	1 416	1 084	3 410	-2883	4564
1	7	1	0,319123	0,947713	1 726	1 636	3 051	-2409	5306
1	7	2	0,218135	0,975919	1 893	1 847	2 913	-2409	5306
1	7	3	0,113505	0,993537	2 125	2 111	2 741	-2409	5306
1	7	4	0,000180	1,000000	2 480	2 480	2 500	-2409	5306
1	7	5	0,106280	0,994336	2 144	2 131	2 728	-2409	5306
1	7	6	0,221095	0,975252	1 887	1 841	2 917	-2409	5306
1	7	7	0,338842	0,940843	1 698	1 598	3 075	-2409	5306
1	7	8	0,459110	0,888379	1 557	1 384	3 215	-2409	5306
1	7	9	0,581278	0,813705	1 454	1 183	3 345	-2409	5306
1	7	10	0,642775	0,766055	1 416	1 084	3 410	-2409	5306
1	8	1	0,319123	0,947713	1 726	1 636	3 051	-2090	5664
1	8	2	0,218135	0,975919	1 893	1 847	2 913	-2090	5664
1	8	3	0,113505	0,993537	2 125	2 111	2 741	-2090	5664
1	8	4	0,000180	1,000000	2 480	2 480	2 500	-2090	5664
1	8	5	0,106280	0,994336	2 144	2 131	2 728	-2090	5664
1	8	6	0,221095	0,975252	1 887	1 841	2 917	-2090	5664
1	8	7	0,338842	0,940843	1 698	1 598	3 075	-2090	5664
1	8	8	0,459110	0,888379	1 557	1 384	3 215	-2090	5664
1	8	9	0,581278	0,813705	1 454	1 183	3 345	-2090	5664
1	8	10	0,642775	0,766055	1 416	1 084	3 410	-2090	5664

Tab. 3b: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-5-1 : 1-8-10

fi 2	fi 3	fi 6	Lx	Ly	Kx	Ky	fi 36	sin (fi 36)	cos (fi 36)
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[rad]	[---]	[---]
1	5	1	-1186	4163	-3178	2853	0,581890	0,549604	0,835425
1	5	2	-1160	3953	-3178	2853	0,499026	0,478571	0,878049
1	5	3	-1156	3738	-3178	2853	0,412704	0,401087	0,916040
1	5	4	-1178	3510	-3178	2853	0,317098	0,311810	0,950144
1	5	5	-1157	3723	-3178	2853	0,406691	0,395572	0,918435
1	5	6	-1161	3959	-3178	2853	0,501455	0,480702	0,876884
1	5	7	-1194	4205	-3178	2853	0,598128	0,563096	0,826391
1	5	8	-1263	4461	-3178	2853	0,698517	0,643083	0,765797
1	5	9	-1376	4728	-3178	2853	0,805158	0,720940	0,692998
1	5	10	-1453	4865	-3178	2853	0,861999	0,759145	0,650922
1	6	1	-892	4918	-2883	3608	0,581890	0,549604	0,835425
1	6	2	-866	4708	-2883	3608	0,499026	0,478571	0,878049
1	6	3	-862	4493	-2883	3608	0,412704	0,401087	0,916040
1	6	4	-883	4264	-2883	3608	0,317098	0,311810	0,950144
1	6	5	-863	4478	-2883	3608	0,406691	0,395572	0,918435
1	6	6	-866	4714	-2883	3608	0,501455	0,480702	0,876884
1	6	7	-900	4960	-2883	3608	0,598128	0,563096	0,826391
1	6	8	-969	5216	-2883	3608	0,698517	0,643083	0,765797
1	6	9	-1081	5483	-2883	3608	0,805158	0,720940	0,692998
1	6	10	-1158	5620	-2883	3608	0,861999	0,759145	0,650922
1	7	1	-418	5660	-2409	4350	0,581890	0,549604	0,835425
1	7	2	-392	5449	-2409	4350	0,499026	0,478571	0,878049
1	7	3	-388	5235	-2409	4350	0,412704	0,401087	0,916040
1	7	4	-409	5006	-2409	4350	0,317098	0,311810	0,950144
1	7	5	-388	5220	-2409	4350	0,406691	0,395572	0,918435
1	7	6	-392	5455	-2409	4350	0,501455	0,480702	0,876884
1	7	7	-426	5701	-2409	4350	0,598128	0,563096	0,826391
1	7	8	-495	5957	-2409	4350	0,698517	0,643083	0,765797
1	7	9	-607	6224	-2409	4350	0,805158	0,720940	0,692998
1	7	10	-684	6361	-2409	4350	0,861999	0,759145	0,650922
1	8	1	-99	6018	-2090	4708	0,581890	0,549604	0,835425
1	8	2	-73	5807	-2090	4708	0,499026	0,478571	0,878049
1	8	3	-69	5593	-2090	4708	0,412704	0,401087	0,916040
1	8	4	-90	5364	-2090	4708	0,317098	0,311810	0,950144
1	8	5	-70	5578	-2090	4708	0,406691	0,395572	0,918435
1	8	6	-73	5814	-2090	4708	0,501455	0,480702	0,876884
1	8	7	-107	6059	-2090	4708	0,598128	0,563096	0,826391
1	8	8	-176	6316	-2090	4708	0,698517	0,643083	0,765797
1	8	9	-288	6582	-2090	4708	0,805158	0,720940	0,692998
1	8	10	-365	6720	-2090	4708	0,861999	0,759145	0,650922

Tab. 3c: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-5-1 : 1-8-10

fi 2	fi 3	fi 6	c	d	e	f	FV-KL	RHx	RHy
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[N]	[N]	[N]
1	5	1	1915	5686	354	1991	39158	-31078	-12471
1	5	2	1309	5856	143	2017	38366	-31840	-9448
1	5	3	681	5961	71	2021	43976	-38173	-8897
1	5	4	1	6000	300	2000	97363	-90029	-21858
1	5	5	638	5966	86	2021	45540	-39694	-9287
1	5	6	1327	5852	150	2017	38391	-31824	-9537
1	5	7	2033	5645	395	1983	39300	-30879	-13054
1	5	8	2755	5330	652	1914	40044	-29282	-16537
1	5	9	3488	4882	918	1802	40531	-26905	-19875
1	5	10	3857	4596	1056	1725	40624	-25359	-21430
1	6	1	1915	5686	354	1991	39158	-31078	-12471
1	6	2	1309	5856	143	2017	38366	-31840	-9448
1	6	3	681	5961	71	2021	43976	-38173	-8897
1	6	4	1	6000	300	2000	97363	-90029	-21858
1	6	5	638	5966	86	2021	45540	-39694	-9287
1	6	6	1327	5852	150	2017	38391	-31824	-9537
1	6	7	2033	5645	395	1983	39300	-30879	-13054
1	6	8	2755	5330	652	1914	40044	-29282	-16537
1	6	9	3488	4882	918	1802	40531	-26905	-19875
1	6	10	3857	4596	1056	1725	40624	-25359	-21430
1	7	1	1915	5686	354	1991	39158	-31078	-12471
1	7	2	1309	5856	143	2017	38366	-31840	-9448
1	7	3	681	5961	71	2021	43976	-38173	-8897
1	7	4	1	6000	300	2000	97363	-90029	-21858
1	7	5	638	5966	86	2021	45540	-39694	-9287
1	7	6	1327	5852	150	2017	38391	-31824	-9537
1	7	7	2033	5645	395	1983	39300	-30879	-13054
1	7	8	2755	5330	652	1914	40044	-29282	-16537
1	7	9	3488	4882	918	1802	40531	-26905	-19875
1	7	10	3857	4596	1056	1725	40624	-25359	-21430
1	8	1	1915	5686	354	1991	39158	-31078	-12471
1	8	2	1309	5856	143	2017	38366	-31840	-9448
1	8	3	681	5961	71	2021	43976	-38173	-8897
1	8	4	1	6000	300	2000	97363	-90029	-21858
1	8	5	638	5966	86	2021	45540	-39694	-9287
1	8	6	1327	5852	150	2017	38391	-31824	-9537
1	8	7	2033	5645	395	1983	39300	-30879	-13054
1	8	8	2755	5330	652	1914	40044	-29282	-16537
1	8	9	3488	4882	918	1802	40531	-26905	-19875
1	8	10	3857	4596	1056	1725	40624	-25359	-21430

Tab. 3d: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-5-1 : 1-8-10

fi 2	fi 3	fi 6	suma Fx	suma Fy	suma M[H]	sin (fi-5)	cos (fi-5)
[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[Nmm]	[---]	[---]
1	5	1	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,273988	0,961733
1	5	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,273988	0,961733
1	5	3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,273988	0,961733
1	5	4	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,273988	0,961733
1	5	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,273988	0,961733
1	5	6	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,273988	0,961733
1	5	7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,273988	0,961733
1	5	8	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,273988	0,961733
1	5	9	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,273988	0,961733
1	5	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,273988	0,961733
1	6	1	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,449544	0,893258
1	6	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,449544	0,893258
1	6	3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,449544	0,893258
1	6	4	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,449544	0,893258
1	6	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,449544	0,893258
1	6	6	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,449544	0,893258
1	6	7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,449544	0,893258
1	6	8	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,449544	0,893258
1	6	9	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,449544	0,893258
1	6	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,449544	0,893258
1	7	1	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,622022	0,783000
1	7	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,622022	0,783000
1	7	3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,622022	0,783000
1	7	4	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,622022	0,783000
1	7	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,622022	0,783000
1	7	6	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,622022	0,783000
1	7	7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,622022	0,783000
1	7	8	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,622022	0,783000
1	7	9	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,622022	0,783000
1	7	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,622022	0,783000
1	8	1	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,705328	0,708881
1	8	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,705328	0,708881
1	8	3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,705328	0,708881
1	8	4	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,705328	0,708881
1	8	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,705328	0,708881
1	8	6	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,705328	0,708881
1	8	7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,705328	0,708881
1	8	8	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,705328	0,708881
1	8	9	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,705328	0,708881
1	8	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,705328	0,708881

Tab. 3e: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-5-1 : 1-8-10

fi 2	fi 3	fi 6	S5	RHHx	RHHy	Ex	Ey	Fx	Fy
[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	5	1	32 454	-31 212	18 892	958	2631	511	1550
1	5	2	33 406	-32 128	19 153	958	2631	511	1550
1	5	3	39 856	-38 331	20 920	958	2631	511	1550
1	5	4	90 924	-87 445	34 912	958	2631	511	1550
1	5	5	41 364	-39 781	21 333	958	2631	511	1550
1	5	6	33 384	-32 106	19 147	958	2631	511	1550
1	5	7	32 222	-30 989	18 829	958	2631	511	1550
1	5	8	30 451	-29 286	18 343	958	2631	511	1550
1	5	9	27 931	-26 862	17 653	958	2631	511	1550
1	5	10	26 322	-25 315	17 212	958	2631	511	1550
1	6	1	31 401	-28 049	24 116	958	2631	511	1550
1	6	2	32 322	-28 872	24 530	958	2631	511	1550
1	6	3	38 562	-34 446	27 336	958	2631	511	1550
1	6	4	87 973	-78 583	49 548	958	2631	511	1550
1	6	5	40 021	-35 749	27 991	958	2631	511	1550
1	6	6	32 300	-28 852	24 520	958	2631	511	1550
1	6	7	31 176	-27 849	24 015	958	2631	511	1550
1	6	8	29 463	-26 318	23 245	958	2631	511	1550
1	6	9	27 024	-24 140	22 149	958	2631	511	1550
1	6	10	25 468	-22 750	21 449	958	2631	511	1550
1	7	1	31 558	-24 710	29 630	958	2631	511	1550
1	7	2	32 484	-25 435	30 206	958	2631	511	1550
1	7	3	38 756	-30 346	34 107	958	2631	511	1550
1	7	4	88 414	-69 228	64 996	958	2631	511	1550
1	7	5	40 222	-31 494	35 019	958	2631	511	1550
1	7	6	32 462	-25 418	30 192	958	2631	511	1550
1	7	7	31 333	-24 534	29 490	958	2631	511	1550
1	7	8	29 611	-23 185	28 419	958	2631	511	1550
1	7	9	27 160	-21 266	26 894	958	2631	511	1550
1	7	10	25 596	-20 041	25 921	958	2631	511	1550
1	8	1	32 216	-22 837	32 723	958	2631	511	1550
1	8	2	33 161	-23 507	33 389	958	2631	511	1550
1	8	3	39 563	-28 046	37 905	958	2631	511	1550
1	8	4	90 257	-63 981	73 661	958	2631	511	1550
1	8	5	41 060	-29 107	38 961	958	2631	511	1550
1	8	6	33 139	-23 491	33 374	958	2631	511	1550
1	8	7	31 986	-22 674	32 560	958	2631	511	1550
1	8	8	30 228	-21 428	31 321	958	2631	511	1550
1	8	9	27 726	-19 654	29 556	958	2631	511	1550
1	8	10	26 129	-18 522	28 430	958	2631	511	1550

Tab. 3f: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-5-1 : 1-8-10

fi 2	fi 3	fi 6	Gx	Gy	fi-23	sin (fi-23)	cos (fi-23)	G-Ex	G-Ey
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[rad]	[---]	[---]	[mm]	[mm]
1	5	1	-1020	2987	-0,753617	-0,684281	0,729219	1978	356
1	5	2	-1020	2987	-0,753617	-0,684281	0,729219	1978	356
1	5	3	-1020	2987	-0,753617	-0,684281	0,729219	1978	356
1	5	4	-1020	2987	-0,753617	-0,684281	0,729219	1978	356
1	5	5	-1020	2987	-0,753617	-0,684281	0,729219	1978	356
1	5	6	-1020	2987	-0,753617	-0,684281	0,729219	1978	356
1	5	7	-1020	2987	-0,753617	-0,684281	0,729219	1978	356
1	5	8	-1020	2987	-0,753617	-0,684281	0,729219	1978	356
1	5	9	-1020	2987	-0,753617	-0,684281	0,729219	1978	356
1	5	10	-1020	2987	-0,753617	-0,684281	0,729219	1978	356
1	6	1	-919	3351	-0,900101	-0,783390	0,621531	1876	720
1	6	2	-919	3351	-0,900101	-0,783390	0,621531	1876	720
1	6	3	-919	3351	-0,900101	-0,783390	0,621531	1876	720
1	6	4	-919	3351	-0,900101	-0,783390	0,621531	1876	720
1	6	5	-919	3351	-0,900101	-0,783390	0,621531	1876	720
1	6	6	-919	3351	-0,900101	-0,783390	0,621531	1876	720
1	6	7	-919	3351	-0,900101	-0,783390	0,621531	1876	720
1	6	8	-919	3351	-0,900101	-0,783390	0,621531	1876	720
1	6	9	-919	3351	-0,900101	-0,783390	0,621531	1876	720
1	6	10	-919	3351	-0,900101	-0,783390	0,621531	1876	720
1	7	1	-733	3718	-1,050197	-0,867521	0,497400	1690	1087
1	7	2	-733	3718	-1,050197	-0,867521	0,497400	1690	1087
1	7	3	-733	3718	-1,050197	-0,867521	0,497400	1690	1087
1	7	4	-733	3718	-1,050197	-0,867521	0,497400	1690	1087
1	7	5	-733	3718	-1,050197	-0,867521	0,497400	1690	1087
1	7	6	-733	3718	-1,050197	-0,867521	0,497400	1690	1087
1	7	7	-733	3718	-1,050197	-0,867521	0,497400	1690	1087
1	7	8	-733	3718	-1,050197	-0,867521	0,497400	1690	1087
1	7	9	-733	3718	-1,050197	-0,867521	0,497400	1690	1087
1	7	10	-733	3718	-1,050197	-0,867521	0,497400	1690	1087
1	8	1	-601	3900	-1,128891	-0,903938	0,427663	1559	1269
1	8	2	-601	3900	-1,128891	-0,903938	0,427663	1559	1269
1	8	3	-601	3900	-1,128891	-0,903938	0,427663	1559	1269
1	8	4	-601	3900	-1,128891	-0,903938	0,427663	1559	1269
1	8	5	-601	3900	-1,128891	-0,903938	0,427663	1559	1269
1	8	6	-601	3900	-1,128891	-0,903938	0,427663	1559	1269
1	8	7	-601	3900	-1,128891	-0,903938	0,427663	1559	1269
1	8	8	-601	3900	-1,128891	-0,903938	0,427663	1559	1269
1	8	9	-601	3900	-1,128891	-0,903938	0,427663	1559	1269
1	8	10	-601	3900	-1,128891	-0,903938	0,427663	1559	1269

Tab. 3g: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-5-1 : 1-8-10

fi 2	fi 3	fi 6	FV-FG	REx	REy	Bx	By	Cx	Cy
[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	5	1	-30766	-53647	1840	1300	0	650	1785
1	5	2	-30766	-54563	2101	1300	0	650	1785
1	5	3	-30766	-60766	3868	1300	0	650	1785
1	5	4	-30766	-109880	17860	1300	0	650	1785
1	5	5	-30766	-62216	4281	1300	0	650	1785
1	5	6	-30766	-54541	2094	1300	0	650	1785
1	5	7	-30766	-53424	1776	1300	0	650	1785
1	5	8	-30766	-51721	1291	1300	0	650	1785
1	5	9	-30766	-49297	600	1300	0	650	1785
1	5	10	-30766	-47750	160	1300	0	650	1785
1	6	1	-24035	-42987	9288	1300	0	650	1785
1	6	2	-24035	-43810	9702	1300	0	650	1785
1	6	3	-24035	-49384	12507	1300	0	650	1785
1	6	4	-24035	-93521	34719	1300	0	650	1785
1	6	5	-24035	-50688	13163	1300	0	650	1785
1	6	6	-24035	-43791	9692	1300	0	650	1785
1	6	7	-24035	-42787	9187	1300	0	650	1785
1	6	8	-24035	-41256	8417	1300	0	650	1785
1	6	9	-24035	-39078	7320	1300	0	650	1785
1	6	10	-24035	-37688	6621	1300	0	650	1785
1	7	1	-20127	-34721	16169	1300	0	650	1785
1	7	2	-20127	-35446	16745	1300	0	650	1785
1	7	3	-20127	-40357	20646	1300	0	650	1785
1	7	4	-20127	-79240	51535	1300	0	650	1785
1	7	5	-20127	-41505	21558	1300	0	650	1785
1	7	6	-20127	-35429	16731	1300	0	650	1785
1	7	7	-20127	-34545	16029	1300	0	650	1785
1	7	8	-20127	-33197	14958	1300	0	650	1785
1	7	9	-20127	-31277	13433	1300	0	650	1785
1	7	10	-20127	-30053	12460	1300	0	650	1785
1	8	1	-18741	-30852	19782	1300	0	650	1785
1	8	2	-18741	-31522	20448	1300	0	650	1785
1	8	3	-18741	-36061	24964	1300	0	650	1785
1	8	4	-18741	-71996	60720	1300	0	650	1785
1	8	5	-18741	-37122	26020	1300	0	650	1785
1	8	6	-18741	-31506	20433	1300	0	650	1785
1	8	7	-18741	-30689	19619	1300	0	650	1785
1	8	8	-18741	-29443	18379	1300	0	650	1785
1	8	9	-18741	-27669	16615	1300	0	650	1785
1	8	10	-18741	-26537	15489	1300	0	650	1785

Tab. 3h: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-5-1 : 1-8-10



fi 2	fi 3	fi 6	Dx	Dy	fi-12	sin (fi-12)	cos (fi-12)	FV-BC
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[rad]	[---]	[---]	[N]
1	5	1	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	164 337 468
1	5	2	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	168 329 214
1	5	3	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	195 372 383
1	5	4	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	409 492 279
1	5	5	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	201 694 970
1	5	6	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	168 234 908
1	5	7	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	163 365 213
1	5	8	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	155 940 285
1	5	9	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	145 372 158
1	5	10	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	138 628 462
1	6	1	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	151 947 041
1	6	2	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	155 783 965
1	6	3	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	181 778 243
1	6	4	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	387 593 332
1	6	5	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	187 855 604
1	6	6	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	155 693 317
1	6	7	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	151 012 496
1	6	8	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	143 875 551
1	6	9	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	133 717 316
1	6	10	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	127 235 180
1	7	1	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	141 659 821
1	7	2	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	145 333 329
1	7	3	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	170 220 502
1	7	4	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	367 269 855
1	7	5	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	176 039 025
1	7	6	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	145 246 541
1	7	7	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	140 765 079
1	7	8	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	133 932 098
1	7	9	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	124 206 506
1	7	10	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	118 000 446
1	8	1	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	136 608 653
1	8	2	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	140 190 497
1	8	3	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	164 456 668
1	8	4	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	356 589 111
1	8	5	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	170 130 004
1	8	6	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	140 105 875
1	8	7	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	135 736 237
1	8	8	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	129 073 757
1	8	9	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	119 590 845
1	8	10	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	113 539 643

Tab. 3i: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-5-1 : 1-8-10

fi 2	fi 3	fi 6	RAx	RAy	suma Fx	suma Fy	suma M[A]
[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[N]	[N]	[Nmm]
1	5	1	56 158 288	-154 387 029	-6,24E+04	1,78E+04	2,01E+11
1	5	2	57 522 054	-158 137 399	-6,43E+04	1,83E+04	2,06E+11
1	5	3	66 761 259	-183 545 292	-7,67E+04	2,18E+04	2,39E+11
1	5	4	139 914 574	-384 717 560	-1,75E+05	4,98E+04	5,00E+11
1	5	5	68 921 348	-189 485 559	-7,96E+04	2,27E+04	2,46E+11
1	5	6	57 489 835	-158 048 795	-6,42E+04	1,83E+04	2,06E+11
1	5	7	55 826 121	-153 473 566	-6,20E+04	1,77E+04	2,00E+11
1	5	8	53 289 420	-146 497 617	-5,86E+04	1,67E+04	1,90E+11
1	5	9	49 678 856	-136 568 534	-5,37E+04	1,53E+04	1,78E+11
1	5	10	47 374 896	-130 232 624	-5,06E+04	1,44E+04	1,69E+11
1	6	1	51 925 785	-142 733 773	-5,61E+04	2,82E+04	1,86E+11
1	6	2	53 236 771	-146 338 355	-5,77E+04	2,91E+04	1,90E+11
1	6	3	62 118 401	-170 758 570	-6,89E+04	3,47E+04	2,22E+11
1	6	4	132 440 553	-364 110 688	-1,57E+05	7,91E+04	4,73E+11
1	6	5	64 194 892	-176 467 921	-7,15E+04	3,60E+04	2,29E+11
1	6	6	53 205 798	-146 253 196	-5,77E+04	2,90E+04	1,90E+11
1	6	7	51 606 473	-141 855 819	-5,57E+04	2,80E+04	1,84E+11
1	6	8	49 167 947	-135 151 045	-5,26E+04	2,65E+04	1,76E+11
1	6	9	45 697 118	-125 607 935	-4,83E+04	2,43E+04	1,63E+11
1	6	10	43 482 326	-119 518 319	-4,55E+04	2,29E+04	1,55E+11
1	7	1	48 413 150	-133 056 239	-4,94E+04	3,93E+04	1,73E+11
1	7	2	49 668 427	-136 506 942	-5,09E+04	4,04E+04	1,78E+11
1	7	3	58 172 638	-159 884 661	-6,07E+04	4,82E+04	2,08E+11
1	7	4	125 506 494	-344 982 601	-1,38E+05	1,10E+05	4,49E+11
1	7	5	60 160 889	-165 350 280	-6,30E+04	5,00E+04	2,15E+11
1	7	6	49 638 771	-136 425 418	-5,08E+04	4,04E+04	1,77E+11
1	7	7	48 107 407	-132 215 765	-4,91E+04	3,90E+04	1,72E+11
1	7	8	45 772 505	-125 797 217	-4,64E+04	3,68E+04	1,64E+11
1	7	9	42 449 167	-116 661 501	-4,25E+04	3,38E+04	1,52E+11
1	7	10	40 328 491	-110 831 850	-4,01E+04	3,18E+04	1,44E+11
1	8	1	46 688 865	-128 303 665	-4,57E+04	4,54E+04	1,67E+11
1	8	2	47 912 893	-131 668 053	-4,70E+04	4,68E+04	1,71E+11
1	8	3	56 205 400	-154 461 011	-5,61E+04	5,58E+04	2,01E+11
1	8	4	121 863 049	-334 928 985	-1,28E+05	1,27E+05	4,36E+11
1	8	5	58 144 156	-159 789 916	-5,82E+04	5,79E+04	2,08E+11
1	8	6	47 883 975	-131 588 568	-4,70E+04	4,67E+04	1,71E+11
1	8	7	46 390 733	-127 484 214	-4,53E+04	4,51E+04	1,66E+11
1	8	8	44 113 956	-121 226 217	-4,29E+04	4,26E+04	1,58E+11
1	8	9	40 873 349	-112 319 018	-3,93E+04	3,91E+04	1,46E+11
1	8	10	38 805 465	-106 635 188	-3,70E+04	3,69E+04	1,39E+11

Tab. 3j: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-5-1 : 1-8-10

fi 2	fi 3	fi 6	LCG8	LCG6	LCG4	LCG3	LCG2	LR64	KL. MOMENT-LK
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[Nmm]
1	5	1	2608	-1692	-3440	-1110	479	2317	-12349411
1	5	2	2777	-1777	-3440	-1110	479	2402	-12349411
1	5	3	2883	-1830	-3440	-1110	479	2455	-12349411
1	5	4	2922	-1849	-3440	-1110	479	2474	-12349411
1	5	5	2888	-1832	-3440	-1110	479	2457	-12349411
1	5	6	2773	-1775	-3440	-1110	479	2400	-12349411
1	5	7	2567	-1672	-3440	-1110	479	2297	-12349411
1	5	8	2252	-1514	-3440	-1110	479	2139	-12349411
1	5	9	1804	-1290	-3440	-1110	479	1915	-12349411
1	5	10	1518	-1147	-3440	-1110	479	1772	-12349411
1	6	1	2902	-1692	-3146	-963	479	2317	-11318861
1	6	2	3071	-1777	-3146	-963	479	2402	-11318861
1	6	3	3177	-1830	-3146	-963	479	2455	-11318861
1	6	4	3216	-1849	-3146	-963	479	2474	-11318861
1	6	5	3182	-1832	-3146	-963	479	2457	-11318861
1	6	6	3067	-1775	-3146	-963	479	2400	-11318861
1	6	7	2861	-1672	-3146	-963	479	2297	-11318861
1	6	8	2546	-1514	-3146	-963	479	2139	-11318861
1	6	9	2098	-1290	-3146	-963	479	1915	-11318861
1	6	10	1812	-1147	-3146	-963	479	1772	-11318861
1	7	1	3376	-1692	-2672	-726	479	2317	-9659474
1	7	2	3546	-1777	-2672	-726	479	2402	-9659474
1	7	3	3651	-1830	-2672	-726	479	2455	-9659474
1	7	4	3690	-1849	-2672	-726	479	2474	-9659474
1	7	5	3656	-1832	-2672	-726	479	2457	-9659474
1	7	6	3542	-1775	-2672	-726	479	2400	-9659474
1	7	7	3335	-1672	-2672	-726	479	2297	-9659474
1	7	8	3020	-1514	-2672	-726	479	2139	-9659474
1	7	9	2572	-1290	-2672	-726	479	1915	-9659474
1	7	10	2286	-1147	-2672	-726	479	1772	-9659474
1	8	1	3695	-1692	-2353	-566	479	2317	-8543983
1	8	2	3864	-1777	-2353	-566	479	2402	-8543983
1	8	3	3970	-1830	-2353	-566	479	2455	-8543983
1	8	4	4009	-1849	-2353	-566	479	2474	-8543983
1	8	5	3975	-1832	-2353	-566	479	2457	-8543983
1	8	6	3860	-1775	-2353	-566	479	2400	-8543983
1	8	7	3654	-1672	-2353	-566	479	2297	-8543983
1	8	8	3339	-1514	-2353	-566	479	2139	-8543983
1	8	9	2891	-1290	-2353	-566	479	1915	-8543983
1	8	10	2605	-1147	-2353	-566	479	1772	-8543983

Tab. 3k: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-5-1 : 1-8-10

fi 2	fi 3	fi 6	STAB MOMENT-LK	MB	KL. MOMENT-PK	STAB MOMENT-PK	MB
[---]	[---]	[---]	[Nmm]	[---]	[Nmm]	[Nmm]	[---]
1	5	1	14857276	-1,20	2019478	36452791	18,05
1	5	2	14772660	-1,20	2442559	36960488	15,13
1	5	3	14719804	-1,19	2706842	37277627	13,77
1	5	4	14700416	-1,19	2803780	37393953	13,34
1	5	5	14717407	-1,19	2718824	37292006	13,72
1	5	6	14774659	-1,20	2432564	36948493	15,19
1	5	7	14877886	-1,20	1916430	36329133	18,96
1	5	8	15035278	-1,22	1129469	35384779	31,33
1	5	9	15259300	-1,24	9361	34040650	3636,46
1	5	10	15402252	-1,25	-705399	33182939	-47,04
1	6	1	15593383	-1,38	2755585	37483341	13,60
1	6	2	15508767	-1,37	3178666	37991037	11,95
1	6	3	15455911	-1,37	3442949	38308177	11,13
1	6	4	15436523	-1,36	3539887	38424503	10,85
1	6	5	15453514	-1,37	3454931	38322555	11,09
1	6	6	15510766	-1,37	3168671	37979043	11,99
1	6	7	15613993	-1,38	2652537	37359683	14,08
1	6	8	15771385	-1,39	1865576	36415329	19,52
1	6	9	15995407	-1,41	745468	35071200	47,05
1	6	10	16138359	-1,43	30708	34213488	1114,14
1	7	1	16778660	-1,74	3940862	39142728	9,93
1	7	2	16694044	-1,73	4363943	39650425	9,09
1	7	3	16641187	-1,72	4628226	39967565	8,64
1	7	4	16621800	-1,72	4725164	40083891	8,48
1	7	5	16638791	-1,72	4640208	39981943	8,62
1	7	6	16696043	-1,73	4353947	39638430	9,10
1	7	7	16799270	-1,74	3837814	39019070	10,17
1	7	8	16956662	-1,76	3050852	38074716	12,48
1	7	9	17180684	-1,78	1930745	36730587	19,02
1	7	10	17323636	-1,79	1215985	35872876	29,50
1	8	1	17575439	-2,06	4737641	40258219	8,50
1	8	2	17490823	-2,05	5160721	40765915	7,90
1	8	3	17437966	-2,04	5425005	41083055	7,57
1	8	4	17418579	-2,04	5521943	41199381	7,46
1	8	5	17435570	-2,04	5436987	41097433	7,56
1	8	6	17492822	-2,05	5150726	40753921	7,91
1	8	7	17596049	-2,06	4634593	40134561	8,66
1	8	8	17753441	-2,08	3847631	39190207	10,19
1	8	9	17977462	-2,10	2727523	37846078	13,88
1	8	10	18120414	-2,12	2012764	36988366	18,38

Tab. 3I: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-5-1 : 1-8-10

fi 2	fi 3	fi 6	fi 2	fi 3	fi 6	Mx	My	Nx	Ny	M-Nx	M-Ny
[---]	[---]	[---]	[rad]	[rad]	[rad]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	9	1	1,221640	0,902970	0,324804	3981	7922	3455	8265	526	343
1	9	2	1,221640	0,902970	0,219903	4150	7316	3625	7659	526	343
1	9	3	1,221640	0,902970	0,113750	4256	6688	3730	7031	526	343
1	9	4	1,221640	0,902970	0,000180	4295	6008	3769	6351	526	343
1	9	5	1,221640	0,902970	0,106481	4261	6645	3735	6988	526	343
1	9	6	1,221640	0,902970	0,222937	4146	7334	3621	7676	526	343
1	9	7	1,221640	0,902970	0,345686	3940	8040	3414	8383	526	343
1	9	8	1,221640	0,902970	0,476994	3625	8762	3099	9105	526	343
1	9	9	1,221640	0,902970	0,620298	3177	9495	2651	9838	526	343
1	9	10	1,221640	0,902970	0,698116	2891	9864	2365	10207	526	343
1	10	1	1,221640	0,959252	0,324804	4175	8066	3649	8409	526	343
1	10	2	1,221640	0,959252	0,219903	4345	7461	3819	7803	526	343
1	10	3	1,221640	0,959252	0,113750	4450	6833	3924	7175	526	343
1	10	4	1,221640	0,959252	0,000180	4489	6153	3963	6495	526	343
1	10	5	1,221640	0,959252	0,106481	4455	6789	3929	7132	526	343
1	10	6	1,221640	0,959252	0,222937	4341	7478	3815	7821	526	343
1	10	7	1,221640	0,959252	0,345686	4134	8185	3608	8527	526	343
1	10	8	1,221640	0,959252	0,476994	3819	8906	3293	9249	526	343
1	10	9	1,221640	0,959252	0,620298	3371	9639	2845	9982	526	343
1	10	10	1,221640	0,959252	0,698116	3085	10008	2560	10351	526	343

fi 2	fi 3	fi 6	sin (fi 7)	cos (fi 7)	S7	RMx	RMy	Hx	Hy
[---]	[---]	[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]
1	9	1	0,319123	0,947713	1 726	1 636	3 051	-1705	6007
1	9	2	0,218135	0,975919	1 893	1 847	2 913	-1705	6007
1	9	3	0,113505	0,993537	2 125	2 111	2 741	-1705	6007
1	9	4	0,000180	1,000000	2 480	2 480	2 500	-1705	6007
1	9	5	0,106280	0,994336	2 144	2 131	2 728	-1705	6007
1	9	6	0,221095	0,975252	1 887	1 841	2 917	-1705	6007
1	9	7	0,338842	0,940843	1 698	1 598	3 075	-1705	6007
1	9	8	0,459110	0,888379	1 557	1 384	3 215	-1705	6007
1	9	9	0,581278	0,813705	1 454	1 183	3 345	-1705	6007
1	9	10	0,642775	0,766055	1 416	1 084	3 410	-1705	6007
1	10	1	0,319123	0,947713	1 726	1 636	3 051	-1511	6152
1	10	2	0,218135	0,975919	1 893	1 847	2 913	-1511	6152
1	10	3	0,113505	0,993537	2 125	2 111	2 741	-1511	6152
1	10	4	0,000180	1,000000	2 480	2 480	2 500	-1511	6152
1	10	5	0,106280	0,994336	2 144	2 131	2 728	-1511	6152
1	10	6	0,221095	0,975252	1 887	1 841	2 917	-1511	6152
1	10	7	0,338842	0,940843	1 698	1 598	3 075	-1511	6152
1	10	8	0,459110	0,888379	1 557	1 384	3 215	-1511	6152
1	10	9	0,581278	0,813705	1 454	1 183	3 345	-1511	6152
1	10	10	0,642775	0,766055	1 416	1 084	3 410	-1511	6152

Tab. 4a: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-9-1 : 1-10-10

fi 2	fi 3	fi 6	Lx	Ly	Kx	Ky	fi 36	sin (fi 36)	cos (fi 36)
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[rad]	[---]	[---]
1	9	1	286	6361	-1705	5051	0,581890	0,549604	0,835425
1	9	2	312	6151	-1705	5051	0,499026	0,478571	0,878049
1	9	3	316	5936	-1705	5051	0,412704	0,401087	0,916040
1	9	4	295	5708	-1705	5051	0,317098	0,311810	0,950144
1	9	5	316	5922	-1705	5051	0,406691	0,395572	0,918435
1	9	6	312	6157	-1705	5051	0,501455	0,480702	0,876884
1	9	7	278	6403	-1705	5051	0,598128	0,563096	0,826391
1	9	8	209	6659	-1705	5051	0,698517	0,643083	0,765797
1	9	9	97	6926	-1705	5051	0,805158	0,720940	0,692998
1	9	10	20	7063	-1705	5051	0,861999	0,759145	0,650922
1	10	1	480	6506	-1511	5196	0,581890	0,549604	0,835425
1	10	2	506	6295	-1511	5196	0,499026	0,478571	0,878049
1	10	3	510	6081	-1511	5196	0,412704	0,401087	0,916040
1	10	4	489	5852	-1511	5196	0,317098	0,311810	0,950144
1	10	5	510	6066	-1511	5196	0,406691	0,395572	0,918435
1	10	6	506	6301	-1511	5196	0,501455	0,480702	0,876884
1	10	7	472	6547	-1511	5196	0,598128	0,563096	0,826391
1	10	8	404	6803	-1511	5196	0,698517	0,643083	0,765797
1	10	9	291	7070	-1511	5196	0,805158	0,720940	0,692998
1	10	10	214	7207	-1511	5196	0,861999	0,759145	0,650922

fi 2	fi 3	fi 6	c	d	e	f	FV-KL	RHx	RHy
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[N]	[N]	[N]
1	9	1	1915	5686	354	1991	39158	-31078	-12471
1	9	2	1309	5856	143	2017	38366	-31840	-9448
1	9	3	681	5961	71	2021	43976	-38173	-8897
1	9	4	1	6000	300	2000	97363	-90029	-21858
1	9	5	638	5966	86	2021	45540	-39694	-9287
1	9	6	1327	5852	150	2017	38391	-31824	-9537
1	9	7	2033	5645	395	1983	39300	-30879	-13054
1	9	8	2755	5330	652	1914	40044	-29282	-16537
1	9	9	3488	4882	918	1802	40531	-26905	-19875
1	9	10	3857	4596	1056	1725	40624	-25359	-21430
1	10	1	1915	5686	354	1991	39158	-31078	-12471
1	10	2	1309	5856	143	2017	38366	-31840	-9448
1	10	3	681	5961	71	2021	43976	-38173	-8897
1	10	4	1	6000	300	2000	97363	-90029	-21858
1	10	5	638	5966	86	2021	45540	-39694	-9287
1	10	6	1327	5852	150	2017	38391	-31824	-9537
1	10	7	2033	5645	395	1983	39300	-30879	-13054
1	10	8	2755	5330	652	1914	40044	-29282	-16537
1	10	9	3488	4882	918	1802	40531	-26905	-19875
1	10	10	3857	4596	1056	1725	40624	-25359	-21430

Tab. 4b: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-9-1 : 1-10-10

fi 2	fi 3	fi 6	suma Fx	suma Fy	suma M[H]	sin (fi-5)	cos (fi-5)
[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[Nmm]	[---]	[---]
1	9	1	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,785169	0,619281
1	9	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,785169	0,619281
1	9	3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,785169	0,619281
1	9	4	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,785169	0,619281
1	9	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,785169	0,619281
1	9	6	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,785169	0,619281
1	9	7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,785169	0,619281
1	9	8	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,785169	0,619281
1	9	9	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,785169	0,619281
1	9	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,785169	0,619281
1	10	1	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,818762	0,574133
1	10	2	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,818762	0,574133
1	10	3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,818762	0,574133
1	10	4	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,818762	0,574133
1	10	5	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,818762	0,574133
1	10	6	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,818762	0,574133
1	10	7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,818762	0,574133
1	10	8	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,818762	0,574133
1	10	9	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,818762	0,574133
1	10	10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,818762	0,574133

fi 2	fi 3	fi 6	S5	RHHx	RHHy	Ex	Ey	Fx	Fy
[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	9	1	33 430	-20 702	36 248	958	2631	511	1550
1	9	2	34 411	-21 310	37 018	958	2631	511	1550
1	9	3	41 054	-25 424	42 235	958	2631	511	1550
1	9	4	93 658	-58 001	83 537	958	2631	511	1550
1	9	5	42 608	-26 386	43 454	958	2631	511	1550
1	9	6	34 387	-21 295	37 000	958	2631	511	1550
1	9	7	33 191	-20 555	36 061	958	2631	511	1550
1	9	8	31 367	-19 425	34 628	958	2631	511	1550
1	9	9	28 771	-17 817	32 590	958	2631	511	1550
1	9	10	27 114	-16 791	31 289	958	2631	511	1550
1	10	1	34 205	-19 638	38 006	958	2631	511	1550
1	10	2	35 208	-20 214	38 827	958	2631	511	1550
1	10	3	42 006	-24 117	44 393	958	2631	511	1550
1	10	4	95 830	-55 019	88 462	958	2631	511	1550
1	10	5	43 596	-25 030	45 694	958	2631	511	1550
1	10	6	35 185	-20 201	38 808	958	2631	511	1550
1	10	7	33 961	-19 498	37 806	958	2631	511	1550
1	10	8	32 094	-18 426	36 277	958	2631	511	1550
1	10	9	29 438	-16 901	34 102	958	2631	511	1550
1	10	10	27 742	-15 928	32 715	958	2631	511	1550

Tab. 4c: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-9-1 : 1-10-10

fi 2	fi 3	fi 6	Gx	Gy	fi-23	sin (fi-23)	cos (fi-23)	G-Ex	G-Ey
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[rad]	[---]	[---]	[mm]	[mm]
1	9	1	-438	4078	-1,211765	-0,936238	0,351367	1396	1446
1	9	2	-438	4078	-1,211765	-0,936238	0,351367	1396	1446
1	9	3	-438	4078	-1,211765	-0,936238	0,351367	1396	1446
1	9	4	-438	4078	-1,211765	-0,936238	0,351367	1396	1446
1	9	5	-438	4078	-1,211765	-0,936238	0,351367	1396	1446
1	9	6	-438	4078	-1,211765	-0,936238	0,351367	1396	1446
1	9	7	-438	4078	-1,211765	-0,936238	0,351367	1396	1446
1	9	8	-438	4078	-1,211765	-0,936238	0,351367	1396	1446
1	9	9	-438	4078	-1,211765	-0,936238	0,351367	1396	1446
1	9	10	-438	4078	-1,211765	-0,936238	0,351367	1396	1446
1	10	1	-354	4154	-1,250050	-0,949000	0,315275	1312	1523
1	10	2	-354	4154	-1,250050	-0,949000	0,315275	1312	1523
1	10	3	-354	4154	-1,250050	-0,949000	0,315275	1312	1523
1	10	4	-354	4154	-1,250050	-0,949000	0,315275	1312	1523
1	10	5	-354	4154	-1,250050	-0,949000	0,315275	1312	1523
1	10	6	-354	4154	-1,250050	-0,949000	0,315275	1312	1523
1	10	7	-354	4154	-1,250050	-0,949000	0,315275	1312	1523
1	10	8	-354	4154	-1,250050	-0,949000	0,315275	1312	1523
1	10	9	-354	4154	-1,250050	-0,949000	0,315275	1312	1523
1	10	10	-354	4154	-1,250050	-0,949000	0,315275	1312	1523

fi 2	fi 3	fi 6	FV-FG	REx	REy	Bx	By	Cx	Cy
[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	9	1	-17607	-26889	23763	1300	0	650	1785
1	9	2	-17607	-27496	24533	1300	0	650	1785
1	9	3	-17607	-31611	29750	1300	0	650	1785
1	9	4	-17607	-64187	71053	1300	0	650	1785
1	9	5	-17607	-32573	30970	1300	0	650	1785
1	9	6	-17607	-27482	24515	1300	0	650	1785
1	9	7	-17607	-26741	23576	1300	0	650	1785
1	9	8	-17607	-25612	22144	1300	0	650	1785
1	9	9	-17607	-24004	20105	1300	0	650	1785
1	9	10	-17607	-22978	18804	1300	0	650	1785
1	10	1	-17172	-25052	25709	1300	0	650	1785
1	10	2	-17172	-25628	26531	1300	0	650	1785
1	10	3	-17172	-29531	32097	1300	0	650	1785
1	10	4	-17172	-60433	76165	1300	0	650	1785
1	10	5	-17172	-30444	33398	1300	0	650	1785
1	10	6	-17172	-25615	26511	1300	0	650	1785
1	10	7	-17172	-24912	25509	1300	0	650	1785
1	10	8	-17172	-23840	23981	1300	0	650	1785
1	10	9	-17172	-22315	21806	1300	0	650	1785
1	10	10	-17172	-21342	20418	1300	0	650	1785

Tab. 4d: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-9-1 : 1-10-10



fi 2	fi 3	fi 6	Dx	Dy	fi-12	sin (fi-12)	cos (fi-12)	FV-BC
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[rad]	[---]	[---]	[N]
1	9	1	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	131 273 882
1	9	2	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	134 751 245
1	9	3	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	158 309 581
1	9	4	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	344 837 594
1	9	5	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	163 817 428
1	9	6	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	134 669 091
1	9	7	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	130 426 914
1	9	8	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	123 958 776
1	9	9	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	114 752 477
1	9	10	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	108 877 786
1	10	1	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	128 746 724
1	10	2	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	132 171 996
1	10	3	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	155 377 428
1	10	4	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	339 111 252
1	10	5	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	160 802 767
1	10	6	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	132 091 073
1	10	7	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	127 912 443
1	10	8	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	121 541 198
1	10	9	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	112 472 809
1	10	10	432	1333	1,221640	0,939662	0,342105	106 686 122

fi 2	fi 3	fi 6	RAx	RAy	suma Fx	suma Fy	suma M[A]
[---]	[---]	[---]	[N]	[N]	[N]	[N]	[Nmm]
1	9	1	44 868 081	-123 283 734	-4,14E+04	5,25E+04	1,60E+11
1	9	2	46 056 490	-126 549 739	-4,26E+04	5,40E+04	1,65E+11
1	9	3	54 107 692	-148 676 170	-5,08E+04	6,45E+04	1,93E+11
1	9	4	117 854 754	-323 866 782	-1,16E+05	1,47E+05	4,21E+11
1	9	5	55 990 032	-153 849 244	-5,28E+04	6,69E+04	2,00E+11
1	9	6	46 028 414	-126 472 578	-4,26E+04	5,40E+04	1,64E+11
1	9	7	44 578 625	-122 488 246	-4,11E+04	5,21E+04	1,59E+11
1	9	8	42 368 100	-116 413 250	-3,88E+04	4,93E+04	1,51E+11
1	9	9	39 221 792	-107 766 520	-3,56E+04	4,52E+04	1,40E+11
1	9	10	37 214 082	-102 248 901	-3,36E+04	4,26E+04	1,33E+11
1	10	1	44 005 655	-120 905 545	-3,93E+04	5,60E+04	1,57E+11
1	10	2	45 176 307	-124 122 499	-4,04E+04	5,77E+04	1,61E+11
1	10	3	53 107 202	-145 916 622	-4,82E+04	6,88E+04	1,90E+11
1	10	4	115 901 706	-318 476 110	-1,10E+05	1,57E+05	4,14E+11
1	10	5	54 961 414	-151 012 002	-5,01E+04	7,14E+04	1,96E+11
1	10	6	45 148 650	-124 046 497	-4,04E+04	5,76E+04	1,61E+11
1	10	7	43 720 524	-120 122 004	-3,90E+04	5,56E+04	1,56E+11
1	10	8	41 543 031	-114 138 246	-3,69E+04	5,26E+04	1,48E+11
1	10	9	38 443 738	-105 621 379	-3,38E+04	4,82E+04	1,37E+11
1	10	10	36 466 028	-100 186 626	-3,19E+04	4,54E+04	1,30E+11

Tab. 4e: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-9-1 : 1-10-10

fi 2	fi 3	fi 6	LCG8	LCG6	LCG4	LCG3	LCG2	LR64	KL. MOMENT-LK
[---]	[---]	[---]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[Nmm]
1	9	1	4080	-1692	-1968	-374	479	2317	-7195509
1	9	2	4250	-1777	-1968	-374	479	2402	-7195509
1	9	3	4355	-1830	-1968	-374	479	2455	-7195509
1	9	4	4394	-1849	-1968	-374	479	2474	-7195509
1	9	5	4360	-1832	-1968	-374	479	2457	-7195509
1	9	6	4246	-1775	-1968	-374	479	2400	-7195509
1	9	7	4039	-1672	-1968	-374	479	2297	-7195509
1	9	8	3724	-1514	-1968	-374	479	2139	-7195509
1	9	9	3276	-1290	-1968	-374	479	1915	-7195509
1	9	10	2990	-1147	-1968	-374	479	1772	-7195509
1	10	1	4274	-1692	-1773	-276	479	2317	-6516025
1	10	2	4444	-1777	-1773	-276	479	2402	-6516025
1	10	3	4549	-1830	-1773	-276	479	2455	-6516025
1	10	4	4588	-1849	-1773	-276	479	2474	-6516025
1	10	5	4554	-1832	-1773	-276	479	2457	-6516025
1	10	6	4440	-1775	-1773	-276	479	2400	-6516025
1	10	7	4233	-1672	-1773	-276	479	2297	-6516025
1	10	8	3918	-1514	-1773	-276	479	2139	-6516025
1	10	9	3470	-1290	-1773	-276	479	1915	-6516025
1	10	10	3185	-1147	-1773	-276	479	1772	-6516025

fi 2	fi 3	fi 6	STAB MOMENT-LK	MB	KL. MOMENT-PK	STAB MOMENT-PK	MB
[---]	[---]	[---]	[Nmm]	[---]	[Nmm]	[Nmm]	[---]
1	9	1	18538635	-2,58	5700837	41606693	7,30
1	9	2	18454019	-2,56	6123917	42114389	6,88
1	9	3	18401162	-2,56	6388200	42431529	6,64
1	9	4	18381774	-2,55	6485139	42547855	6,56
1	9	5	18398766	-2,56	6400182	42445907	6,63
1	9	6	18456018	-2,56	6113922	42102395	6,89
1	9	7	18559244	-2,58	5597788	41483035	7,41
1	9	8	18716637	-2,60	4810827	40538681	8,43
1	9	9	18940658	-2,63	3690719	39194552	10,62
1	9	10	19083610	-2,65	2975960	38336840	12,88
1	10	1	19023981	-2,92	6186183	42286177	6,84
1	10	2	18939365	-2,91	6609264	42793874	6,47
1	10	3	18886508	-2,90	6873547	43111014	6,27
1	10	4	18867121	-2,90	6970485	43227340	6,20
1	10	5	18884112	-2,90	6885529	43125392	6,26
1	10	6	18941364	-2,91	6599268	42781880	6,48
1	10	7	19044591	-2,92	6083135	42162519	6,93
1	10	8	19201983	-2,95	5296173	41218166	7,78
1	10	9	19426004	-2,98	4176065	39874036	9,55
1	10	10	19568956	-3,00	3461306	39016325	11,27

Tab. 4f: Vypočtené hodnoty pro polohy 1-9-1 : 1-10-10